

Pompa rotodinamik - Cara uji unjuk kerja hidrolis, kelas 1 dan 2

(ISO 9906:1999, *Rotodynamic pumps – Hydraulic performance acceptance tests – Grades 1 and 2, MOD*)



Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata	ii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Simbol.....	4
5 Klasifikasi uji unjuk kerja pompa.....	6
6 Cara uji	7
7 Penandaan	24
Bibliografi	32
Lampiran A (informatif)	25
Lampiran B (informatif)	28
Lampiran C (informatif)	29
Lampiran D (informatif)	31

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI), *Pompa rotodinamik-cara uji unjuk kerja hidrolis, kelas 1 dan 2*, merupakan standar baru dan diadopsi secara modifikasi dengan metode terjemahan dari ISO 9906:1999, *Rotodynamic pumps – Hydraulic performance acceptance tests – Grades 1 and 2*.

Tujuan penyusunan standar ini adalah untuk terciptanya standar acuan induk dari standar-standar bagi pompa dan untuk memenuhi keperluan industri dalam rangka peningkatan kualitas pompa di pasaran.

Standar ini disusun oleh Panitia Teknis 21-01, *Permesinan dan produk permesinan*, dan telah dibahas dalam rapat konsensus pada tanggal 15 Juli 2008 di Jakarta yang dihadiri oleh wakil produsen, konsumen, lembaga penelitian dan instansi pemerintah terkait lainnya.



Pompa rotodinamik - Cara uji unjuk kerja hidrolis, kelas 1 dan 2

1 Ruang lingkup

Standar ini menetapkan prosedur dan cara uji pompa rotodinamik (pompa sentrifugal, aliran campuran dan aliran aksial), yang digunakan untuk keperluan industri, pertanian, perikanan, pengendali banjir, ketel-uap, pemadam kebakaran, pengolahan air, pengolahan air limbah, pembangkit daya, dan lain-lain yang sesuai dengan jenis pompa tersebut di atas. Standar ini dapat diterapkan untuk berbagai ukuran pompa dan berbagai fluida cair.

2 Acuan normatif

ISO 9906:1999, *Rotodynamic pumps – Hydraulic performance acceptance tests – Grades 1 and 2*.

3 Istilah dan definisi

3.1

bidang referensi

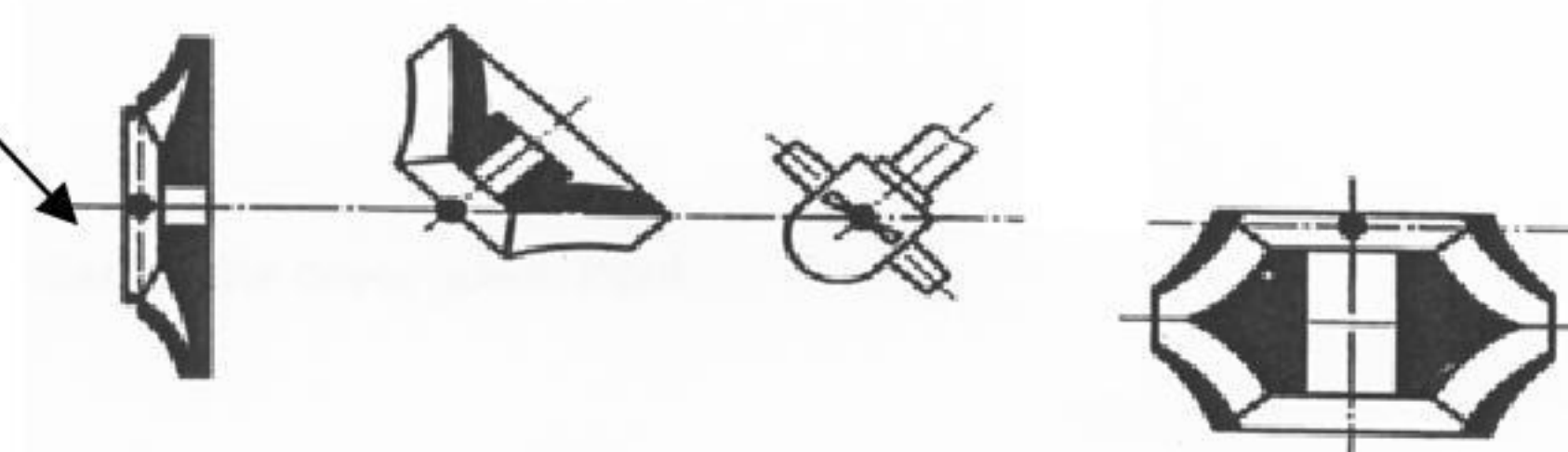
suatu bidang datar semu yang melalui garis tengah pompa dan melalui sudu *impeller* pompa yang terluar (periksa Gambar 15). Pada pompa sentrifugal bertingkat (*multi stage centrifugal pump*) bidang bersinggungan dengan sudu (*impeller*) yang pertama dan pada pompa vertikal lubang hisap ganda (*vertical double suction type*) bidang bersinggungan dengan sudu yang teratas

3.2

bidang referensi (*Net Positive Suction Head/NPSH*)

bidang khayal horizontal yang melalui sumbu poros pompa, apabila putaran pompa sejajar dengan poros horizontal (terhadap lantai). Untuk pompa dengan poros vertikal, sumbu dasar pompa adalah garis bidang horizontal yang melalui sudut sayap pompa dan pusat sudut *impeller* pompa tersebut

Garis bidang referensi



Gambar 1 – Bidang referensi NPSH

3.3

bobot pompa

bobot pompa dalam keadaan kosong tidak berisi fluida, tanpa dihubungkan dengan penggerak

3.4

daya fluida

tenaga yang diperlukan untuk menaikkan atau memindahkan fluida per satuan waktu pada tinggi total tertentu

3.5

daya poros pompa

tenaga yang diukur pada poros yang diperlukan untuk memutar poros pompa, guna menaikkan atau memindahkan fluida per satuan waktu pada tinggi total tertentu

3.6

debit

volume air yang dapat dipompa per satuan waktu, dinyatakan dalam liter/detik atau m^3/menit

3.7

efisiensi pompa

perbandingan antara daya fluida terhadap daya poros pompa

3.8

impeler

bagian pompa yang berfungsi memberikan impuls kepada fluida sehingga energi yang dikandungnya berubah bertambah besar

3.9

karakteristik pompa

diagram yang menyatakan hubungan antara berbagai besaran unjuk kerja pompa dan memberikan ciri atas pompa tersebut akan unjuk kerja digambarkan oleh kurva-kurva

3.10

kavitasi

gejala menguapnya zat cair yang sedang mengalir akibat tekanan hisap yang berkurang sampai di bawah tekanan uap jenuh, sehingga mengakibatkan timbulnya gelembung-gelembung uap dalam aliran. Gelembung uap ini bila tidak terbawa aliran, akan pecah menghantam dinding permukaan impeler sisi hisap secara terus-menerus sehingga dapat merusak permukaan *impeler* (erosi permukaan/bopeng) dan akan menurunkan unjuk kerja pompa

Indikasi terjadinya kavitasi adalah timbulnya suara berisik dan adanya getaran yang berlebihan. Agar tidak terjadi kavitasi, NPSH yang tersedia harus lebih besar dari NPSH yang diperlukan

3.11

lebar pompa

jarak antara bidang vertikal dan sejajar dimana kedua bidang tersebut menyentuh bagian terluar dari sisi terpendek pompa

3.12

NPSH yang tersedia (NPSH available)

tinggi tekanan yang dimiliki oleh zat cair pada sisi hisap pompa (setara dengan tekanan mutlak pada sisi hisap pompa), dikurangi dengan tekanan uap jenuh zat cair di tempat tersebut. NPSH yang tersedia tergantung kondisi instalasi pada debit air tertentu.

3.13

NPSH yang diperlukan (NPSH required)

tinggi tekanan hisap yang besarnya sama dengan penurunan tekanan pada lubang hisap yang besarnya diberikan oleh pabrikan kepada sebuah pompa untuk mencapai kinerja yang baik pada debit, putaran, dan zat cair yang ditetapkan (tidak ada indikasi terjadinya kavitasi, peningkatan kebisingan dan getaran karena kavitasi, dan penurunan tinggi tekanan). NPSH yang tersedia harus lebih besar daripada NPSH yang diperlukan

3.14**panjang pompa**

jarak antara bidang vertikal dan sejajar dimana kedua bidang tersebut menyentuh bagian terluar dari sisi terpanjang pompa

3.15**pompa aliran aksial**

pompa yang terdiri dari impeler yang dipasang pada sebuah poros berputar dalam rumah pompa (*casing*) atau rumah keong (*volute casing*) dan memiliki saluran masuk dan keluaran fluida. Impeler yang berputar menimbulkan tekanan dalam air dengan kecepatan yang dihasilkan dari gaya aksial sudu *impeler* terhadap fluida, dengan arah aliran keluar searah dengan aliran masuk. (Gambar 2c)

3.16**pompa aliran campuran**

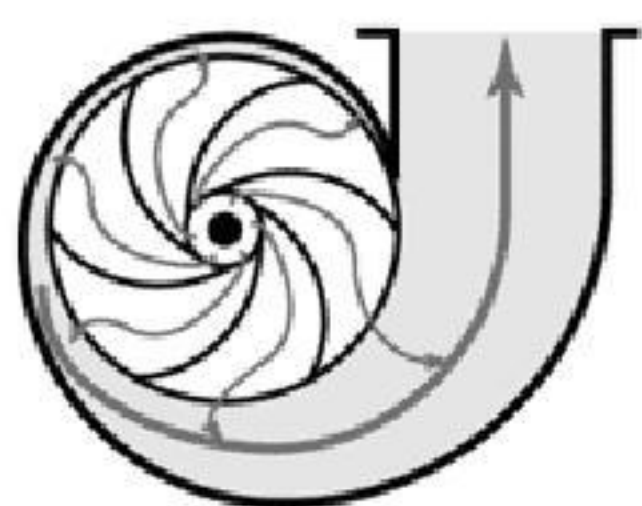
pompa yang terdiri dari impeler yang dipasang pada sebuah poros berputar dalam rumah pompa atau rumah keong dan memiliki saluran masuk dan keluaran fluida. *Impeller* yang berputar menimbulkan tekanan dalam air dengan kecepatan yang dihasilkan dari gaya radial dan gaya aksial sudu impeler terhadap fluida, dengan arah aliran keluar membentuk kemiringan aliran lebih besar dari 90° dan kurang dari 180° (Gambar 2b)

3.17**pompa rotodinamik**

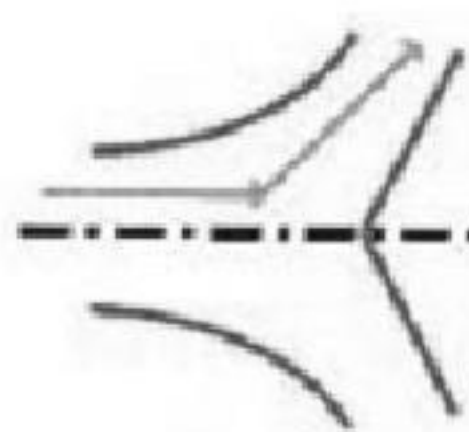
pompa yang menggunakan impeler bersudu yang berputar dalam fluida untuk memberikan percepatan tangensial terhadap fluida secara terus-menerus untuk meningkatkan energi fluida. Tujuan pompa ini adalah untuk mengubah energi ini menjadi energi tekanan fluida yang digunakan dalam seluruh sistem pemipaan. Termasuk dalam pompa rotodinamik ini adalah pompa sentrifugal, aliran campuran, dan aliran aksial

3.18**pompa sentrifugal**

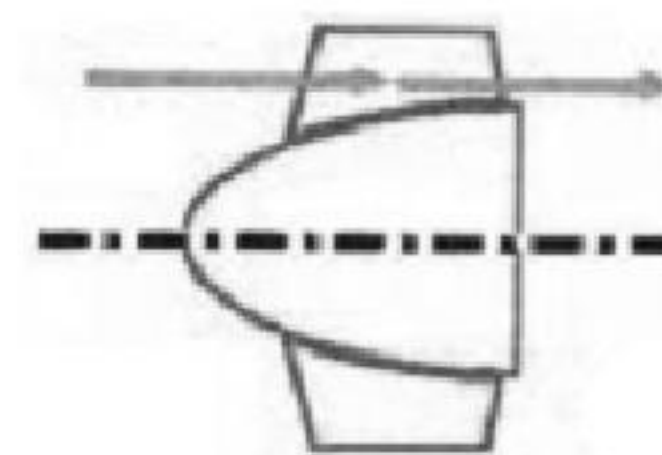
pompa yang terdiri dari impeler yang dipasang pada sebuah poros berputar dalam rumah pompa (*casing*) atau rumah keong (*volute casing*) dan memiliki saluran masuk (*suction*) dan keluaran (*discharge*) fluida. impeler yang berputar menimbulkan tekanan dalam air ditengah *impeller* keluar melalui sudu-sudu impeler dengan kecepatan yang dihasilkan dari gaya sentrifugal, dengan arah aliran keluar dari *impeler* tegak lurus terhadap aliran yang menuju ke pusat sudu *impeler* (Gambar 2a)



(a) pompa sentrifugal



(b) Pompa campuran



(c) Pompa aksial

Gambar 2 - Bagan aliran fluida dalam pompa**3.19****rugl ketinggian (*head loss*)**

kehilangan tekanan yang disebabkan oleh gesekan atau hal lain yang timbul dalam saluran hisap dan tekan

3.20

rumah pompa atau rumah keong

bagian pompa yang secara efektif mengkondisikan perubahan gaya yang ditimbulkan oleh *impeler* sehingga dicapai kondisi kinerja pompa yang diinginkan (debit, tinggi total, dan efisiensi)

3.21

sisi hisap (*suction*)

saluran masuk aliran fluida menuju rumah pompa atau rumah keong dan impeler

3.22

sisi tekan (*discharge*)

saluran keluar aliran fluida dari rumah pompa atau rumah keong

3.23

sudu

bagian impeler yang mendorong fluida ke arah yang sesuai tipe pompa

3.24

tinggi hisap (*suction head*)

jarak tegak lurus antara bidang referensi dan permukaan fluida yang dipompa, dan dapat berharga negatif atau positif

3.25

tinggi hisap positif bersih (*Net Positive Suction Head/NPSH*)

tinggi total hisap mutlak di atas tinggi tekanan uap, relatif terhadap Bidang Referensi NPSH

3.26

tinggi pompa

jarak antara bidang horizontal dan sejajar dimana kedua bidang tersebut menyentuh bagian terluar dari sisi tertinggi dan terendah pompa

3.27

tinggi tekan (*discharge head*)

jarak tegak lurus antara bidang referensi dan fluida yang keluar dari pompa

3.28

tinggi total (*total head*)

merupakan jumlah tinggi hisap ditambah dengan tinggi tekan

3.29

titik garansi (*guarantee point*)

titik pada kapasitas dan tinggi total tertentu yang harus dipenuhi oleh unjuk kerja pompa sesuai toleransi yang ditetapkan pada laju putar yang telah ditentukan

4 Simbol

Simbol-simbol yang digunakan dalam standar ini ialah tertera pada Tabel 1.

Tabel 1 - Daftar simbol tabel 1 dan tabel 2 disesuaikan dengan ISO

Simbol	Besaran	Satuan
A	Luas	m^2
D	Diameter	m
E	Energi	J
E	Ketidakpastian total, nilai relatif	
F	Frekuensi	1/detik, Hz
G	Percepatan gravitasi ^{a)}	$m/detik^2$
H	Tinggi total	m
H	Tinggi tekanan	m
H_f	Rugi ketinggian fluida	m
K	Ekuivalen kekasaran merata	m
L	Panjang	m
M	Hasil pengukuran manometer	m
M	Massa	kg
N	laju putaran	1/detik, 1/menit
NPSH	Tinggi hisap positif bersih	m
p	Tekanan	Pa
P	Daya	W
Q	Laju aliran massa ^{b)}	$Kg/detik$
Q	Debit (<i>volume flow rate</i>) ^{c)}	$m^3/detik$
Re	Angka Reynolds	
T	Faktor toleransi, nilai relatif	$\%$
T	Waktu	detik
T	Torsi	Nm
U	Kecepatan rata-rata aliran fluida	$m/detik$
v	Kecepatan lokal	$m/detik$
V	Volume	m^3
y	Energi spesifik	J/kg
z	Ketinggian di atas bidang referensi	m
η	Efisiensi	$\%$
θ	Suhu	$^{\circ}C$
λ	Koefisien rugi gesekan pipa	
ν	Kekentalan kinematik	$m^2/detik$
γ	Berat jenis	kgf/m^3
ρ	Kerapatan, massa jenis	kg/m^3
ω	Kecepatan angular/ sudut	$rad/detik$
σ	Konstanta kavitasi Thoma	-
CATATAN ^{a)} Secara prinsip, nilai lokal g harus digunakan. Akan tetapi untuk kelas 2 cukup menggunakan dengan nilai $9,81 m/detik^2$. Untuk penghitungan, nilai lokal $g = 9,7803 (1+0,0053 \sin^2 \phi) - 3 \times 10^{-6}$, dimana ϕ adalah garis lintang dan z adalah tinggi dari permukaan laut ^{b)} Simbol lain dari aliran massa adalah q_m ^{c)} Simbol lain dari debit adalah q_v .		

Tabel 2 - Daftar huruf yang dipakai sebagai subskrip

Subskrip	Arti
1	Hisap (<i>inlet</i>)
1'	Bagian pengukuran hisap
2	Tekan (<i>outlet</i>)
2'	Bagian pengukuran tekan
<i>l</i>	Pipa
<i>a</i>	Tekanan atmosfer
<i>abs</i>	Absolut, mutlak
<i>amb</i>	Suhu kamar
<i>D</i>	Selisih, datum
<i>f</i>	Fluida dalam pipa pengukuran
<i>G</i>	Titik garansi (<i>guarantee point</i>)
<i>H</i>	Tinggi total pompa
<i>J</i>	Rugi
<i>gr</i>	Unit pompa dan motor (<i>overall</i>)
<i>m</i>	Rata-rata
<i>M</i>	Manometer
<i>N</i>	Titik efisiensi maksimum
<i>n</i>	Laju putar
<i>P</i>	Daya
<i>Q</i>	(Debit) laju aliran
<i>s</i>	Spesifik
<i>sp</i>	Ditetapkan
<i>T</i>	Torsi yang dipindahkan
<i>t</i>	Pompa uji
<i>u</i>	Berdaya guna
<i>v</i>	Uap
<i>w</i>	Air
η	Efisiensi
<i>x</i>	Pada suatu bagian
<i>Hg</i>	Air raksa

5 Klasifikasi uji unjuk kerja pompa

Pengujian unjuk kerja pompa diklasifikasikan menjadi 2 (dua) kelas, yaitu:

a. Kelas 1

Pengujian unjuk kerja pompa yang mempunyai ketelitian lebih tinggi. Ketelitian lebih tinggi dalam artian menggunakan alat ukur dan peralatan uji yang memenuhi persyaratan toleransi yang disebutkan sebagai Kelas 1 pada Tabel 6.

b. Kelas 2

Pengujian unjuk kerja pompa yang mempunyai ketelitian lebih rendah. Ketelitian lebih rendah dalam artian menggunakan alat ukur dan peralatan uji yang memenuhi persyaratan toleransi yang disebutkan sebagai Kelas 2 pada Tabel 6.

6 Cara uji

6.1 Spesifikasi air

6.1.1 Air uji harus memenuhi ketentuan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 - Spesifikasi air uji

Uraian	Satuan	Nilai maksimum
S u h u	°C	40
Kekentalan kinematik	m ² /detik	1,75 x 10 ⁻⁶
Massa jenis	kg/m ³	1050
Zat yang tidak larut	kg/m ³	2,5
Zat yang larut	kg/m ³	50

Selain dari air uji seperti pada Tabel 3, pompa juga dapat diuji untuk tekanan, debit, dan efisiensi dengan menggunakan air seperti pada Tabel 4.

Tabel 4 - Spesifikasi fluida

Uraian	Satuan	Nilai minimum	Nilai maksimum
Kekentalan kinematik	m ² /detik	Tidak dibatasi	1,0 x 10 ⁻⁵
Massa jenis	kg/m ³	450	2000
Zat yang tidak larut	kg/m ³	-	5,0

6.1.2 Hubungan pemindah daya dari penggerak ke pompa harus mengikuti nilai efisiensi yang diizinkan seperti yang tertera pada Tabel 5.

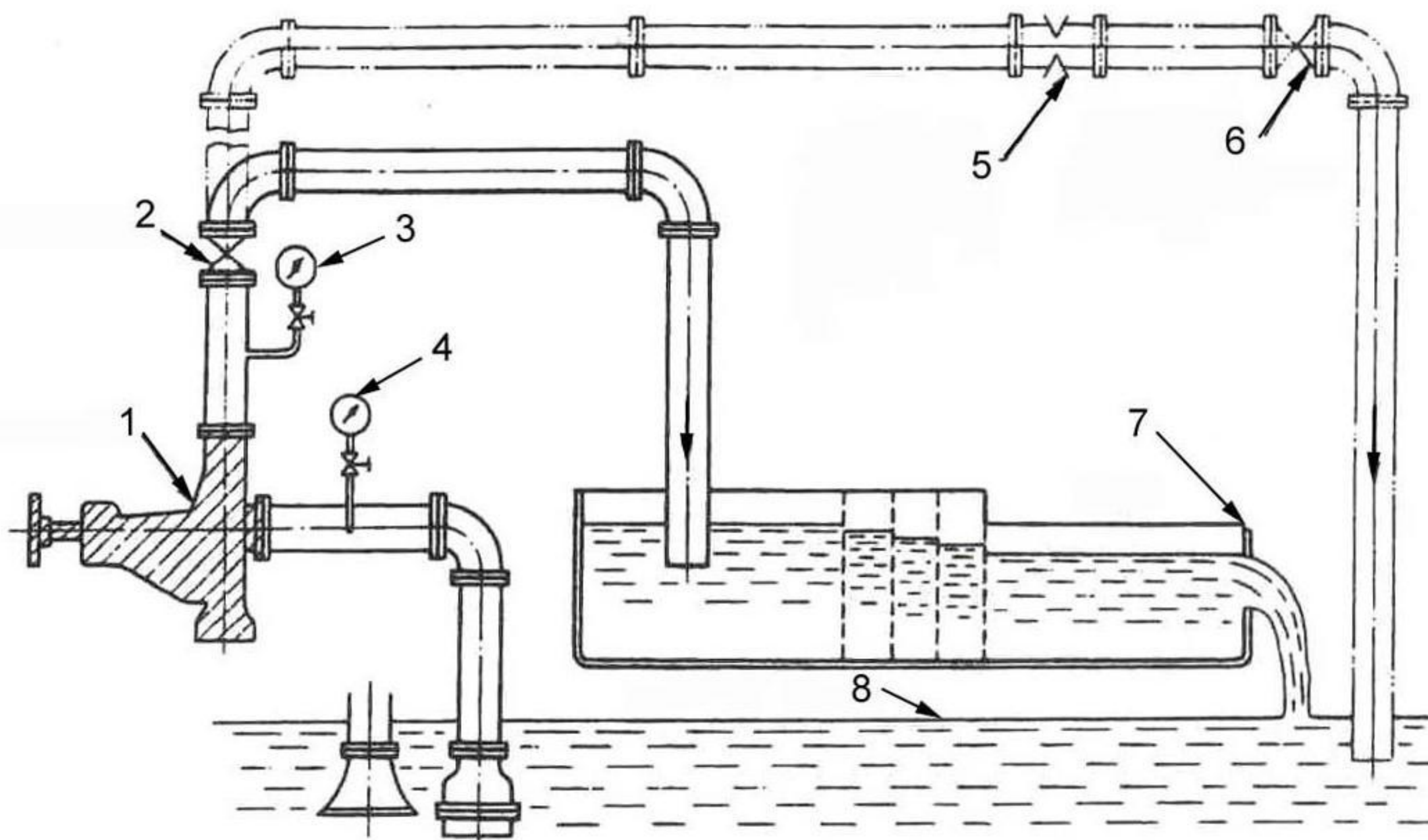
Tabel 5 - Efisiensi pemindahan daya dari motor penggerak ke pompa

Jenis hubungan	Efisiensi yang diizinkan
Sabuk datar (<i>flat belt</i>)	0,90
Sabuk V (<i>V-belt</i>)	0,95
Roda Gigi lurus (<i>straight gear</i>)	0,92 – 0,95
Roda Gigi ulir (<i>screw gear</i>)	0,92 – 0,97
Roda Gigi kerucut (<i>conical gear</i>)	0,90 – 0,97
Sambung langsung (<i>direct coupled</i>)	1,00

6.2 Instalasi uji

6.2.1 Instalasi uji, harus mampu menguji unjuk kerja sesuai dengan spesifikasi pompa. Contoh instalasi dapat dilihat pada Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5. Pengukuran tinggi total, debit, daya, dan putaran pompa dapat memakai sistem pengukuran sebagai berikut:

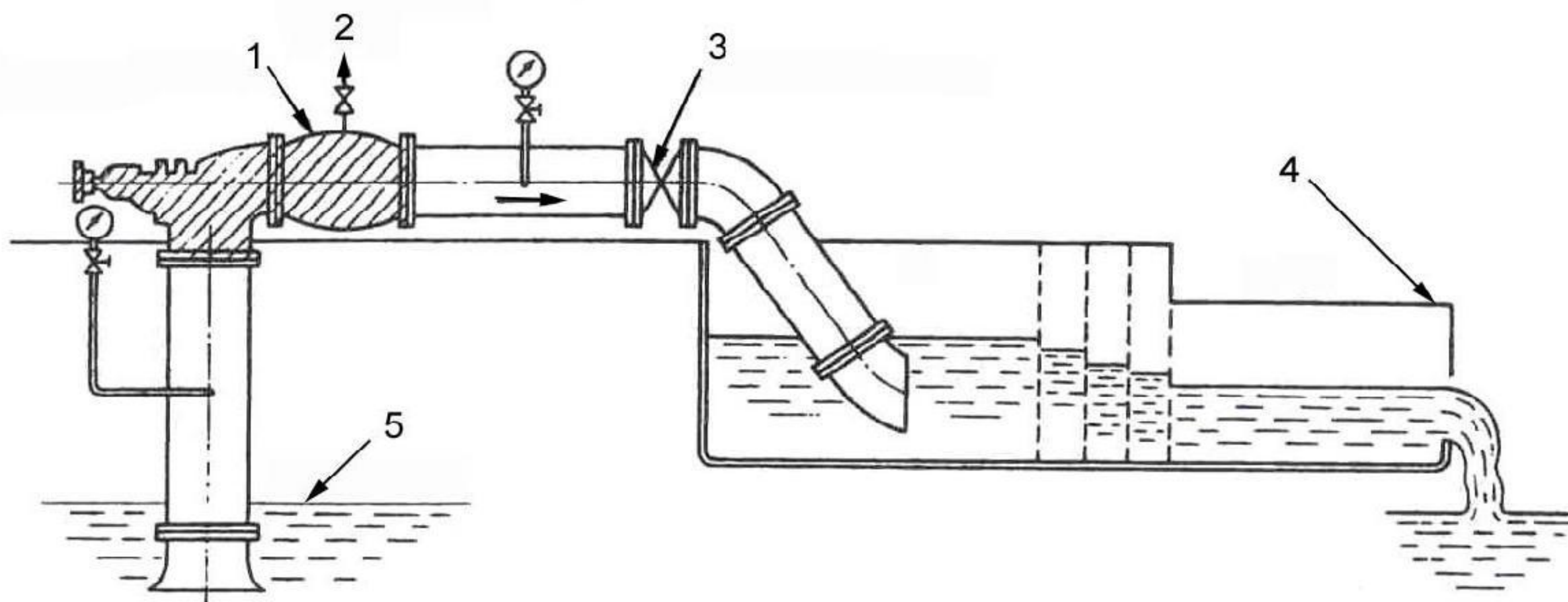
- Sistem tertutup dengan memakai efek tekan atau hampa.
- Sistem terbuka dengan memanfaatkan sekat ukur yang jenisnya tergantung pada jenis pompa yang diuji.



Keterangan:

1. Pompa uji
2. Katup tekan
3. Alat ukur tekanan sisi tekan
4. Alat ukur tekanan sisi hisap
5. Alat ukur debit
6. Katup pengatur tekanan
7. Sekat ukur
8. Permukaan air

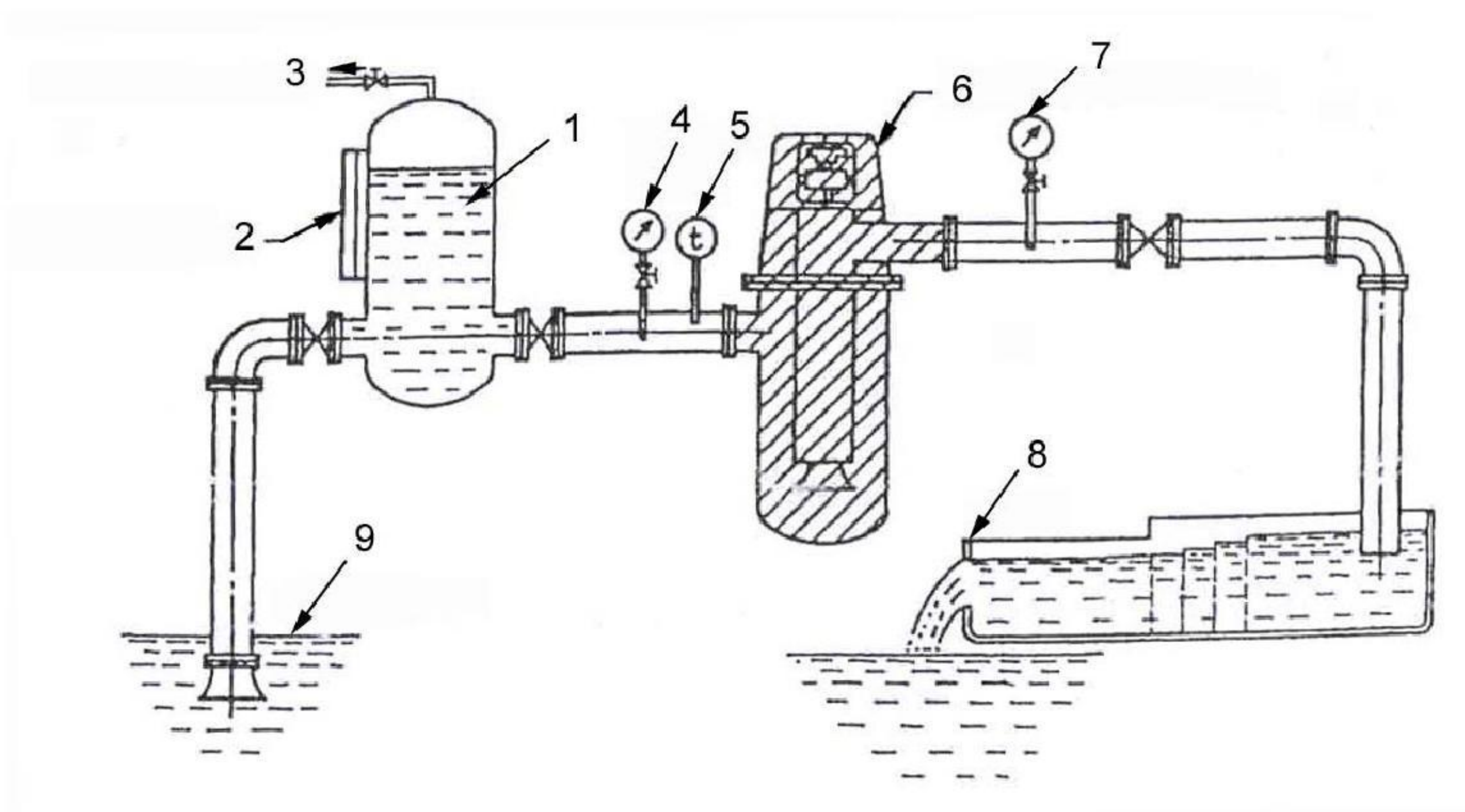
Gambar 3 - Diagram pengujian dengan *pressure tapping* hisap horizontal



Keterangan:

1. Pompa uji
2. pipa ke pompa hampa
3. Katup tekan
4. Sekat ukur
5. Permukaan air

Gambar 4 - Diagram pengujian dengan *pressure tapping* hisap vertikal



Keterangan:

1. Tangki hampa
2. Indikator level air
3. Ke pompa hampa
4. Alat ukur tekanan sisi hisap
5. Termometer
6. Pompa uji
7. Alat ukur tekanan sisi tekan
8. Sekat ukur
9. Permukaan air

Gambar 5 - Diagram pengujian dengan tangki hampa

6.2.2 Persyaratan pengujian

Bila tinggi hisap atau tinggi hisap positif bersih (NPSH) pada suatu kondisi operasi telah ditentukan, terutama jika diperlukan pengujian pada kondisi yang serupa pada debit yang telah ditentukan, instalasi pengujian pompa harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga tinggi hisap atau tinggi hisap positif bersih sesuai dengan yang telah ditentukan, atau peralatan harus diatur sedemikian rupa sehingga tinggi hisap dapat diatur.

Jika pada saluran hisap dipasang katup atau pompa umpan (*booster pump*), maka pada pipa saluran hisap dan pompa yang akan diuji harus dipasang alat pengarah aliran, atau pipa saluran hisap harus dibuat cukup panjang untuk mencegah terjadinya penyimpangan aliran (*guncangan*). Selama pengujian berlangsung pada siklus aliran tertutup yang menggunakan tangki, suhu air harus dijaga tetap konstan.

6.2.2.1 Jika tekanan hisap tidak melebihi tekanan atmosfer katup seperti terlihat pada Gambar 6a atau tangki hampa seperti terlihat pada Gambar 6b harus dipasang pada sisi hisap. Jika tinggi hisap dari peralatan yang diuji melebihi tinggi hisap yang telah ditentukan, pada sisi hisap pompa yang akan diuji harus dilengkapi dengan pompa umpan (*booster pump*) seperti terlihat pada Gambar 7a. Kemungkinan masuknya udara melalui gelang katup dihindari dengan merendam katup kedalam air atau membuat gelang perapat kedap air.

6.2.2.2 Jika tekanan hisap tidak kurang dari tekanan atmosfer, sebuah pompa umpan (*booster pump*) seperti yang terlihat pada Gambar 7a atau tangki tekanan seperti terlihat pada Gambar 7b harus dipasang pada sisi hisap.

6.2.2.3 Tinggi hisap positif bersih (*NPSH*) diperoleh dengan menggunakan persamaan

$$NPSH = H_1 - z_D + \frac{p_{amb} - p_v}{\rho_1 g}$$

keterangan:

NPSH adalah tinggi hisap positif bersih (m)

p_{amb} adalah tekanan atmosfer (Pa)

p_v adalah tekanan uap jenuh dari fluida yang digunakan (Pa)

H adalah tinggi hisap diukur terhadap bidang referensi pompa (meter kolom fluida, m)

z_D adalah perbedaan tinggi antara bidang referensi *NPSH* dan bidang referensi (m)

ρ adalah massa jenis fluida yang dipindahkan (kg/m^3)

g adalah percepatan gravitasi, m/detik^2

6.2.2.4 Jika pengujian dilakukan pada putaran pompa (n) yang berbeda dengan putaran yang telah ditentukan (n_{sp}), maka *NPSH* pada putaran yang telah ditentukan diperoleh dengan persamaan:

$$(NPSHR)_T = (NPSHR) \left(\frac{n_{sp}}{n} \right)^x$$

keterangan:

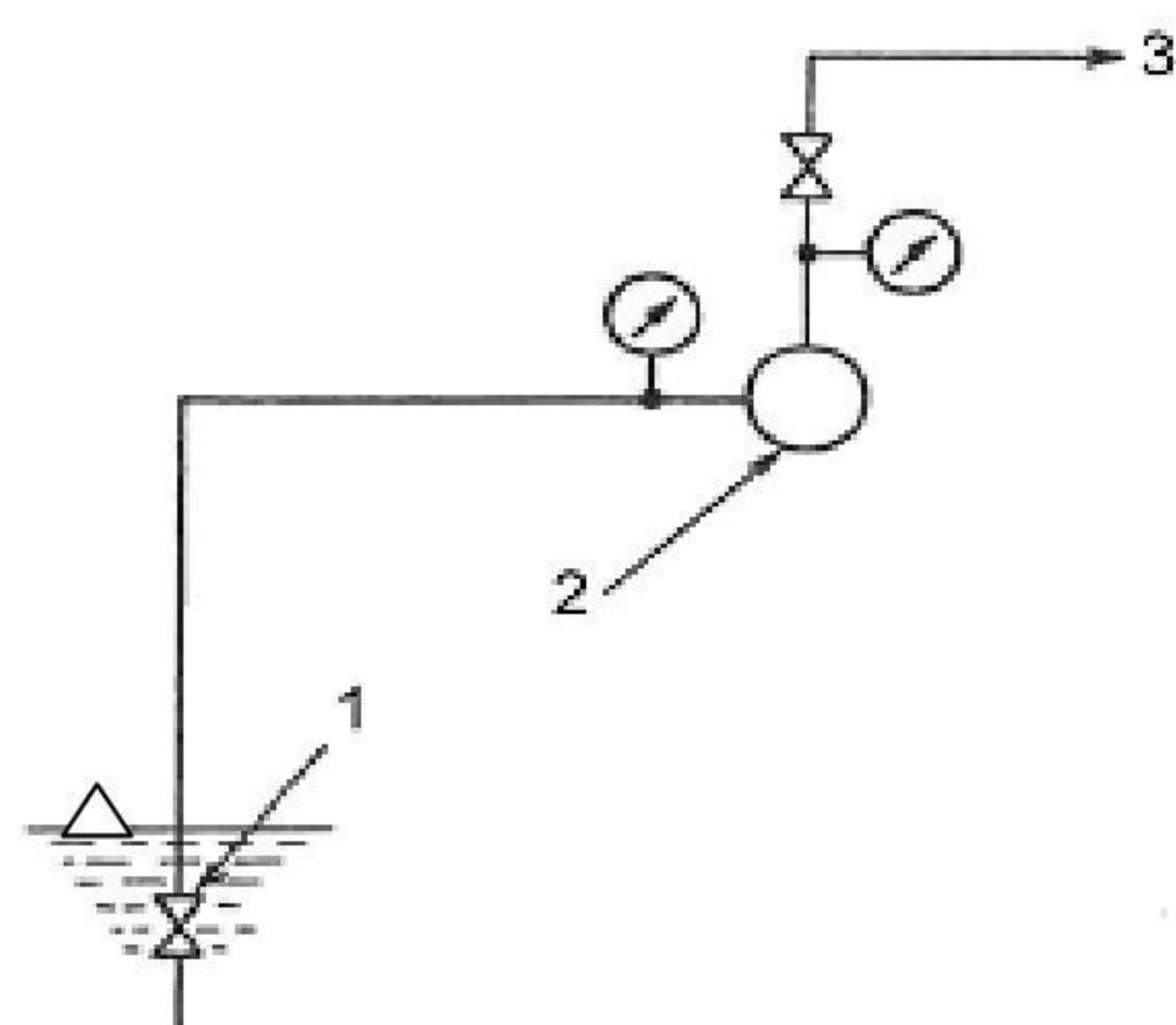
NPSHR adalah tinggi hisap positif bersih yang diperlukan (m)

$(NPSHR)_T$ adalah *NPSHR* yang dihitung (m)

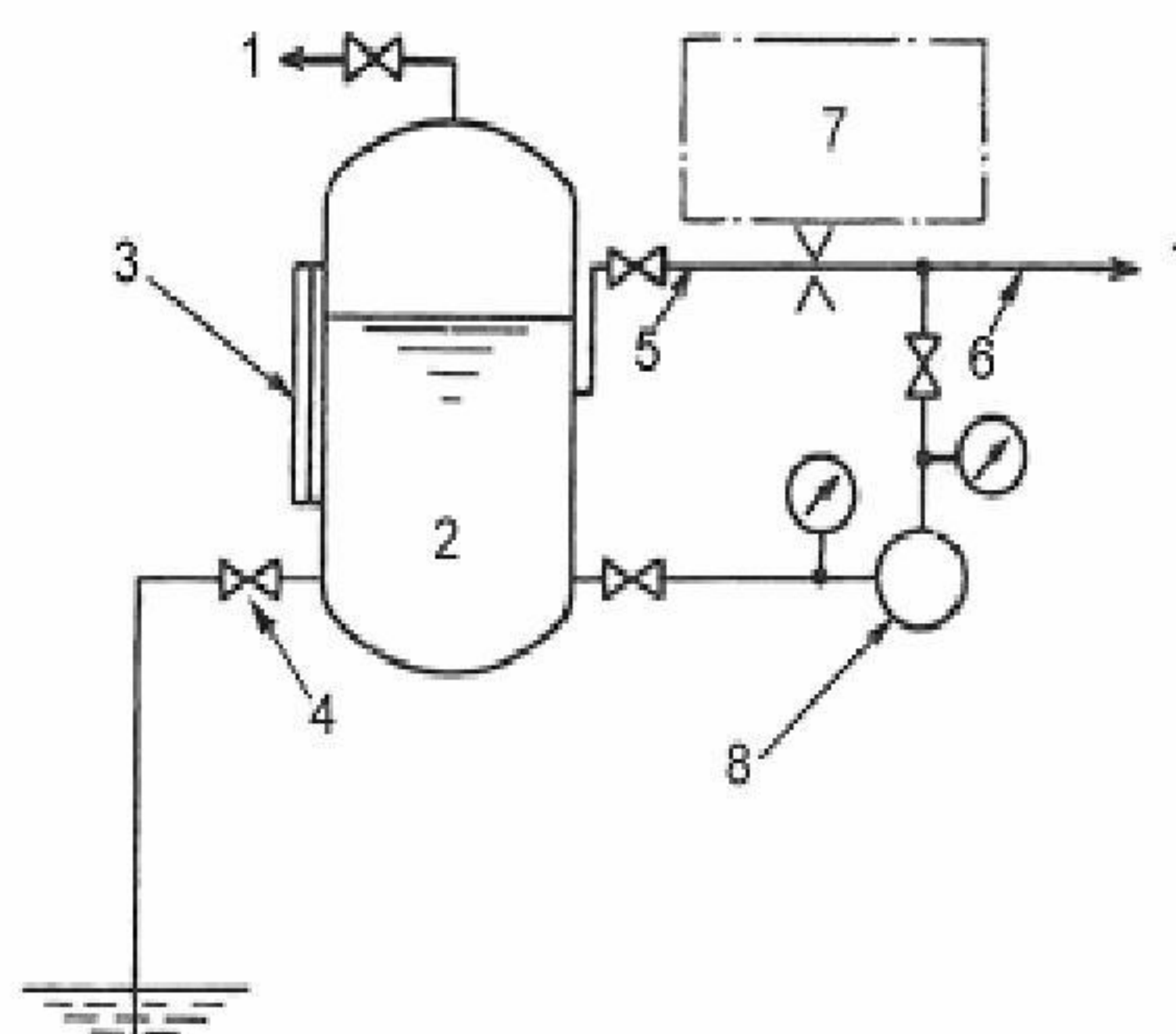
n adalah laju putaran (1/detik, 1/menit)

n_{sp} adalah laju putaran yang ditentukan (1/detik, 1/menit)

x adalah bagian tertentu



(a) Katup penghambat



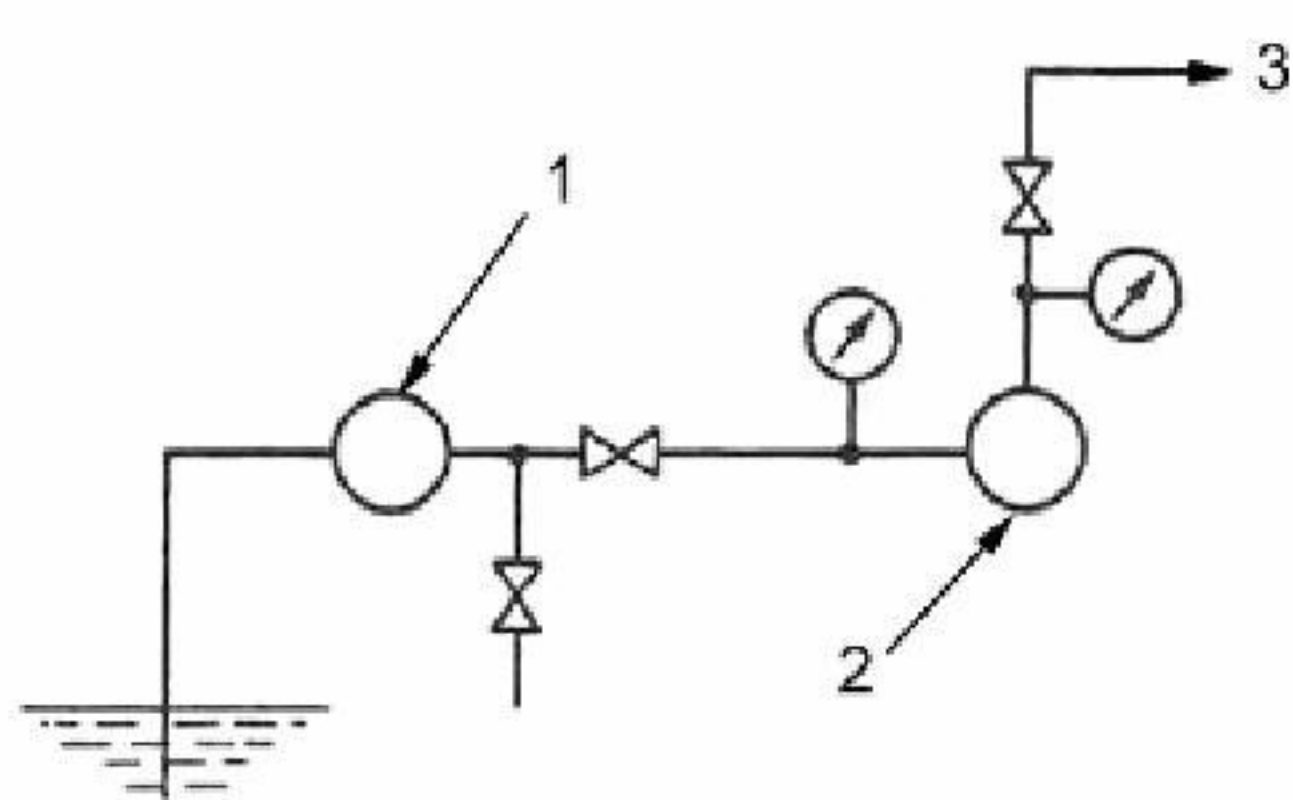
(b) Tangki hampa

Keterangan (a):

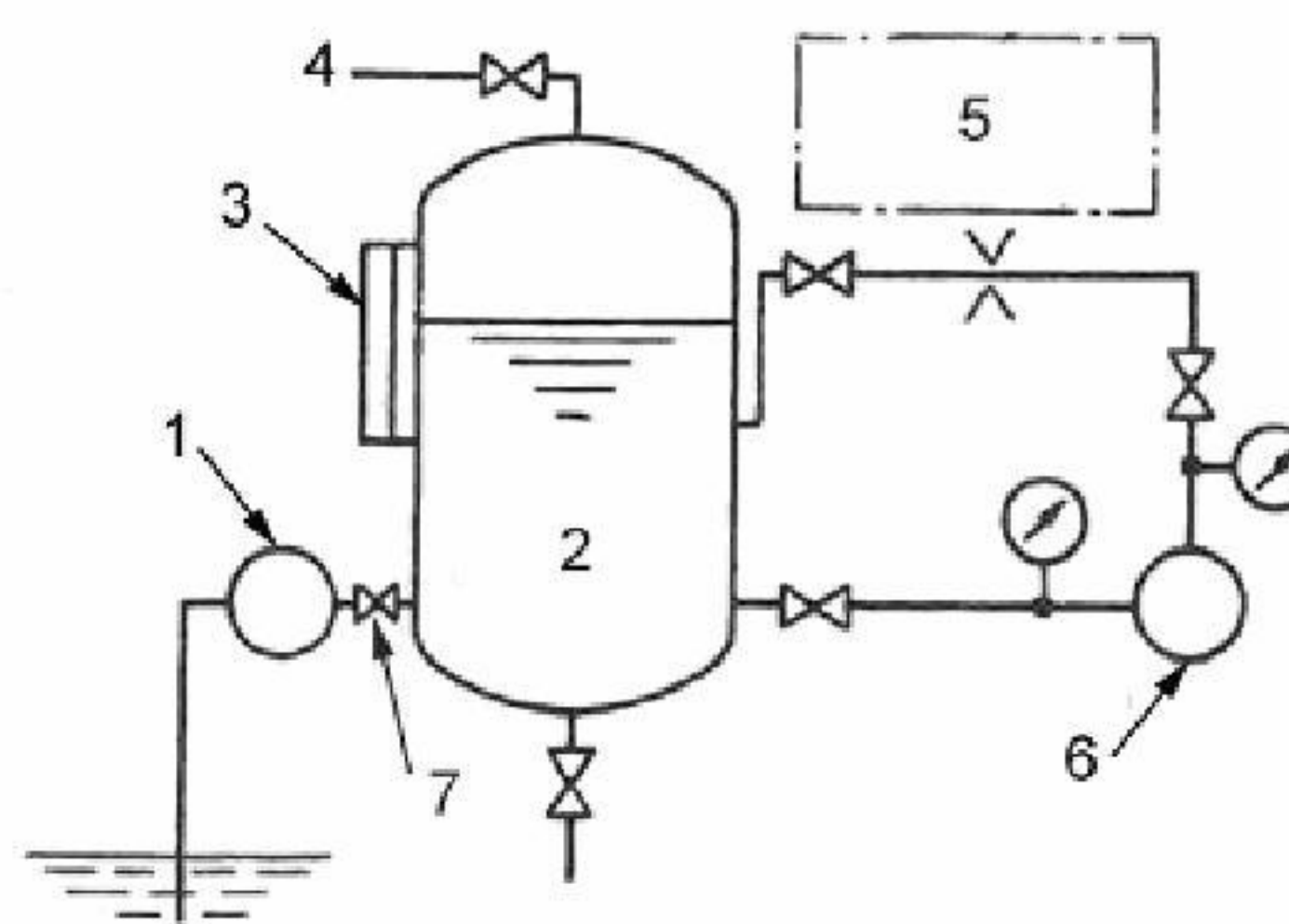
1. Katup penghambat (*throttle valve*)
2. Pompa uji
3. Ke alat ukur debit

Keterangan (b):

1. Ke pompa hampa
2. Tangki hampa
3. Indikator level air
4. Katup
5. Siklus aliran tertutup
6. Siklus aliran terbuka
7. Alat ukur debit
8. Pompa uji

Gambar 6 – Perlengkapan uji pompa

(a) Pompa umpan



(b) Tangki tekan

Keterangan:

1. Pompa umpan
2. Pompa uji
3. Ke alat ukur debit

Keterangan:

1. Pompa umpan
2. Tangki bertekanan
3. Indikator level air
4. Dari kompresor
5. Alat ukur debit
6. Pompa uji
7. Katup

Gambar 7 - Instalasi uji pompa

6.3 Prosedur

Pengujian pompa dilaksanakan dengan mengubah-ubah tinggi (tekanan) dan debit pompa dengan cara mengatur pembukaan katup pada saluran tekan, untuk berbagai kondisi putaran pompa.

6.3.1 Pengukuran tinggi total

6.3.1.1 Alat ukur

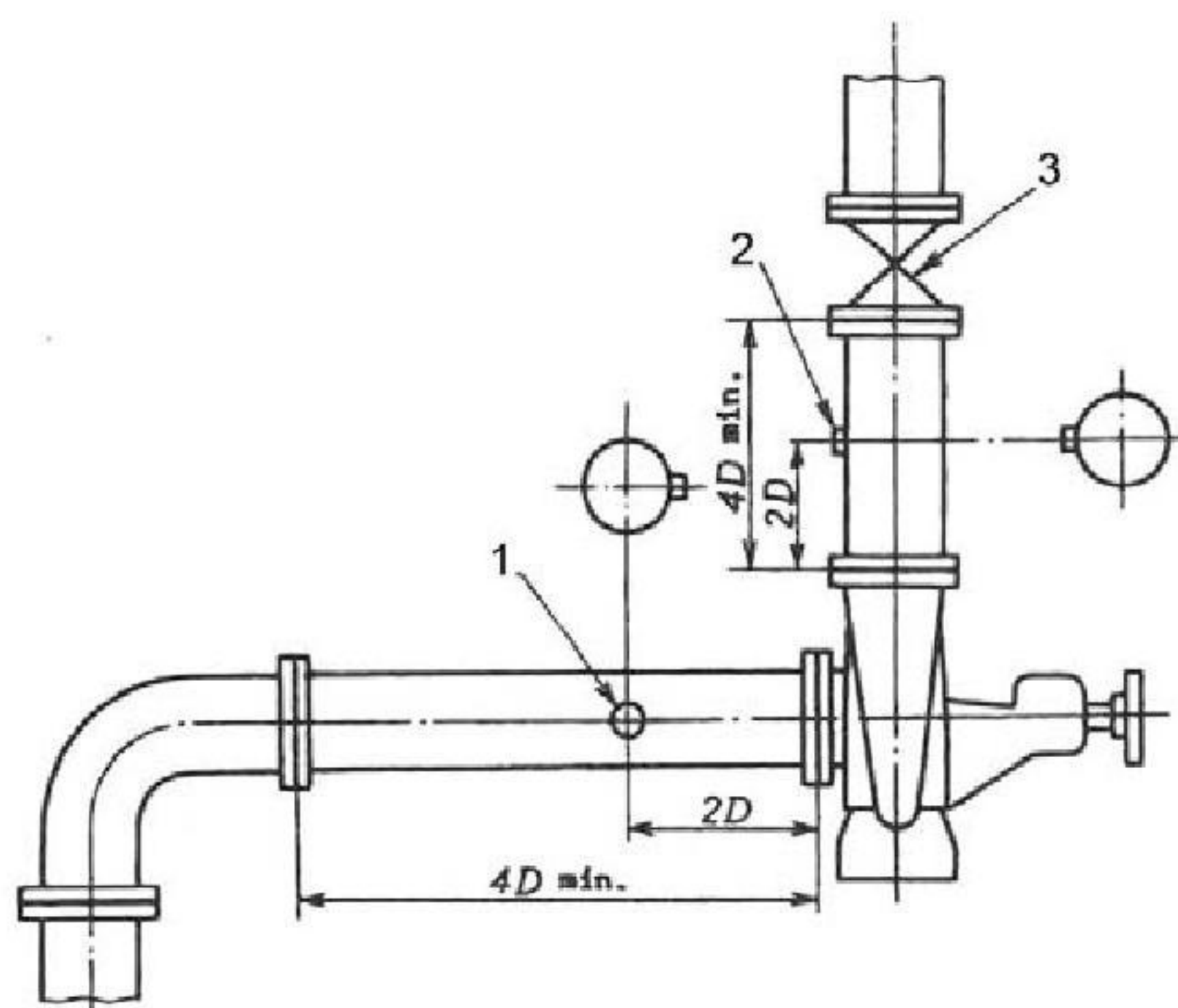
Alat ukur yang dipergunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

- Alat ukur tekanan hampa (*vacuum gauge*)
- Alat ukur tekanan (*pressure gauge*)
- Pengukur daya poros
- Pengukur laju putaran (*tachometer*)
- Timbangan
- Pengukur waktu (*stopwatch*)
- Alat ukur debit sekat ukur (*weir*), orifis, venturi, alat ukur tipe ukuran magnetis
- Alat ukur suhu (*thermometer*)

CATATAN Dapat dipergunakan alat ukur lain sesuai dengan Lampiran B

6.3.1.2 Syarat dan letak tap tekanan

- Pipa lurus dengan panjang sekurang-kurangnya 4x (empat kali) diameter masing-masing pipa dihubungkan dengan saluran hisap dan keluar. Lubang tap ditempatkan sejarak 2x (dua kali) diameter masing-masing flens, dan dengan posisi sumbu lubang tegak lurus dan memotong sumbu pipa.



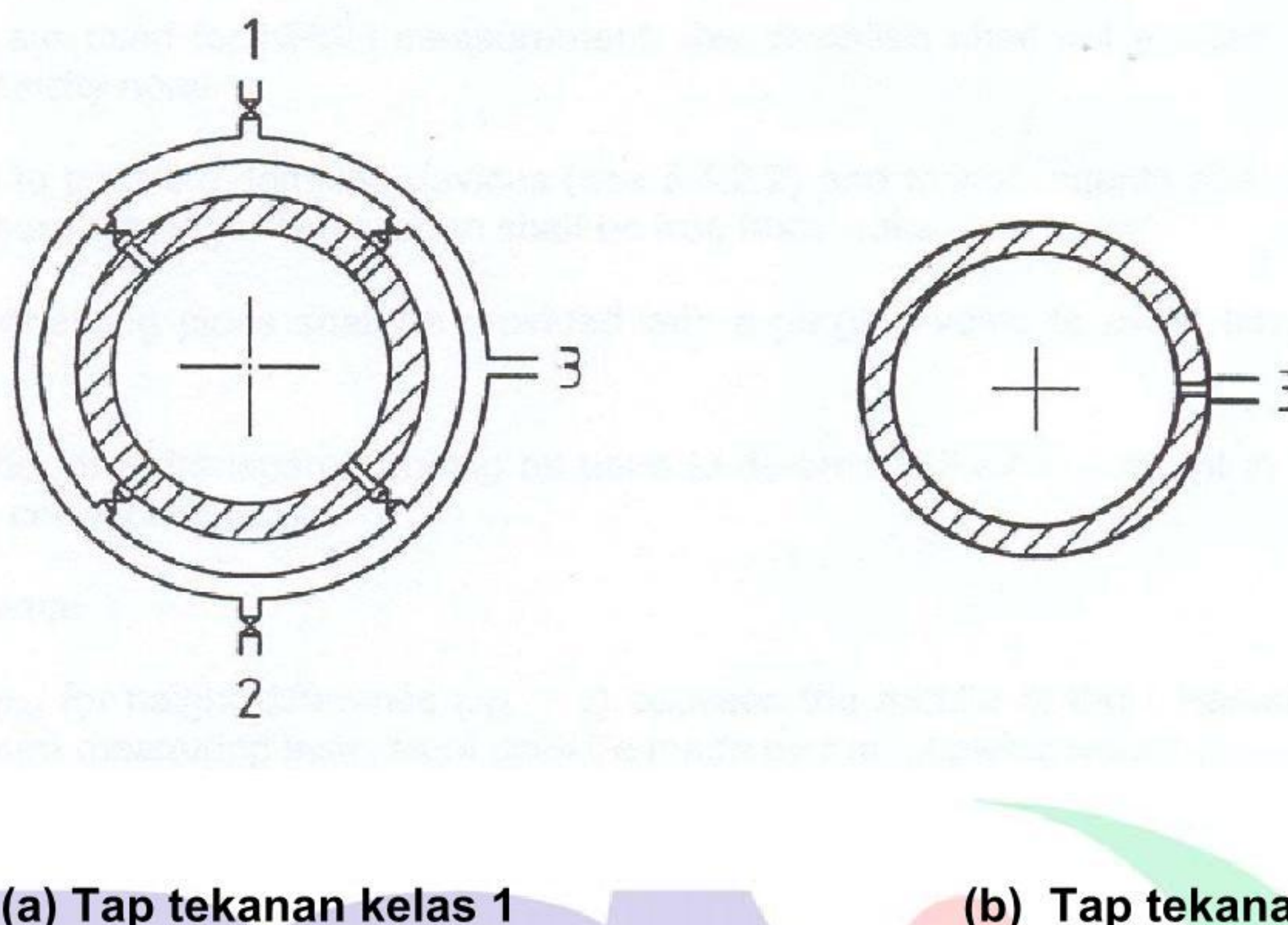
Keterangan:

- Tempat tap tekanan pada saluran hisap
- Tempat tap tekanan pada saluran tekan
- Katup sisi tekan

Gambar 8 - Tempat tap tekanan

Untuk pengujian kelas 1 harus menggunakan empat lubang tap tekanan dipasang secara simetris yang dihubungkan dengan *ring manifold*, lihat Gambar 9a.

Untuk pengujian kelas 2 cukup menggunakan satu lubang tap tekanan, atau dua lubang tap tekanan pada dua posisi yang berlawanan, lihat Gambar 9b.



(a) Tap tekanan kelas 1

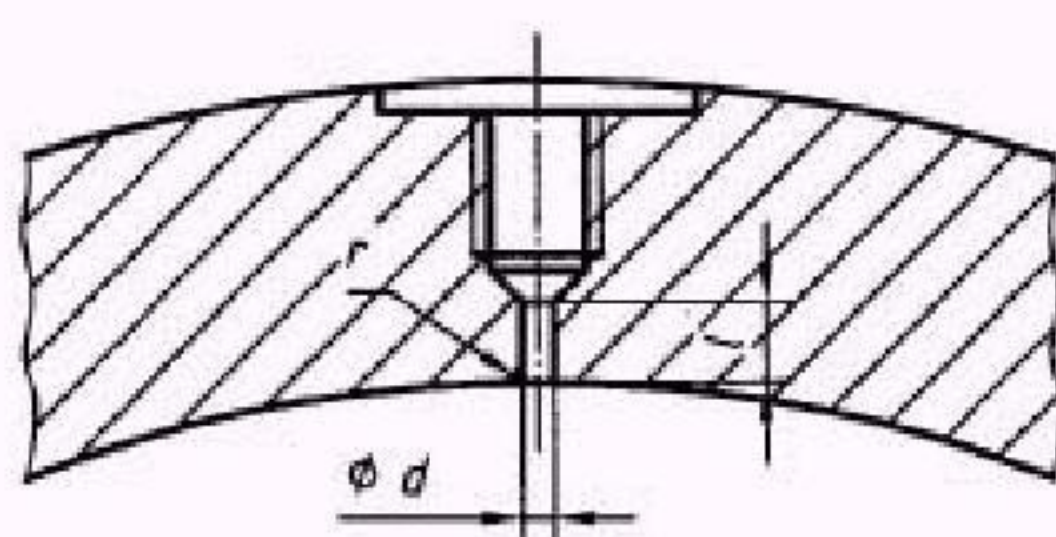
(b) Tap tekanan kelas 2

Keterangan:

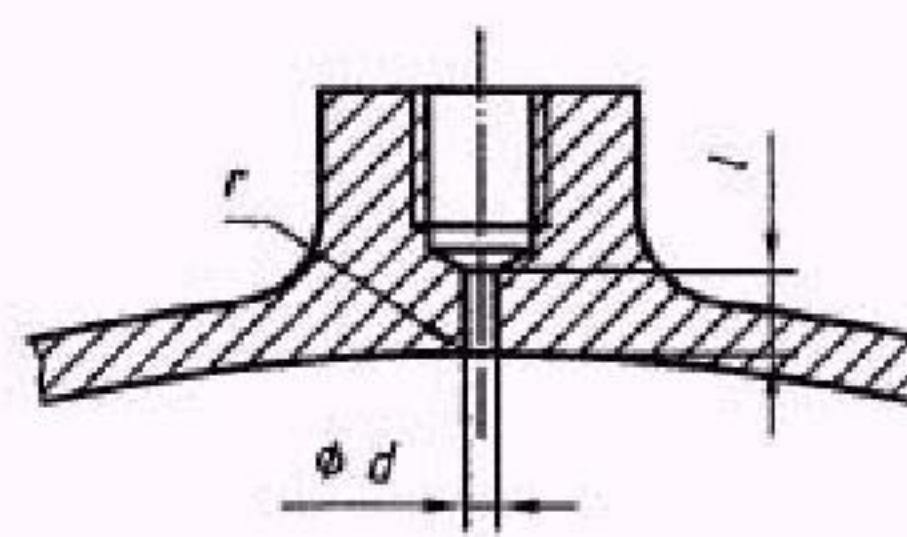
1. Lubang keluar udara (*vent*)
2. *Drainase* titik garansi (*guarantee point*)
titik pada kapasitas dan tinggi total tertentu yang harus dipenuhi oleh unjuk kerja pompa sesuai toleransi yang ditetapkan pada laju putar yang telah ditentukan
3. Lubang tap tekanan

Gambar 9 – Posisi lubang tap tekanan

Diameter dari lubang tap harus berukuran diantara 3 mm – 6 mm atau sama dengan 1/10 (satu per sepuluh) dari diameter pipa, mana yang lebih kecil. Lubang harus tegak lurus pada dinding dalam pipa, dan tinggi lubang tidak boleh kurang dari dua setengah kali diameter lubang tersebut (lihat Gambar 10). Diameter dalam pipa pada bagian ini harus licin dan bersih dari segala kotoran.



(a) Dinding tebal ($l \geq 2,5 d$)



(b) dinding tipis ($l \leq 2,5 d$)

Keterangan:

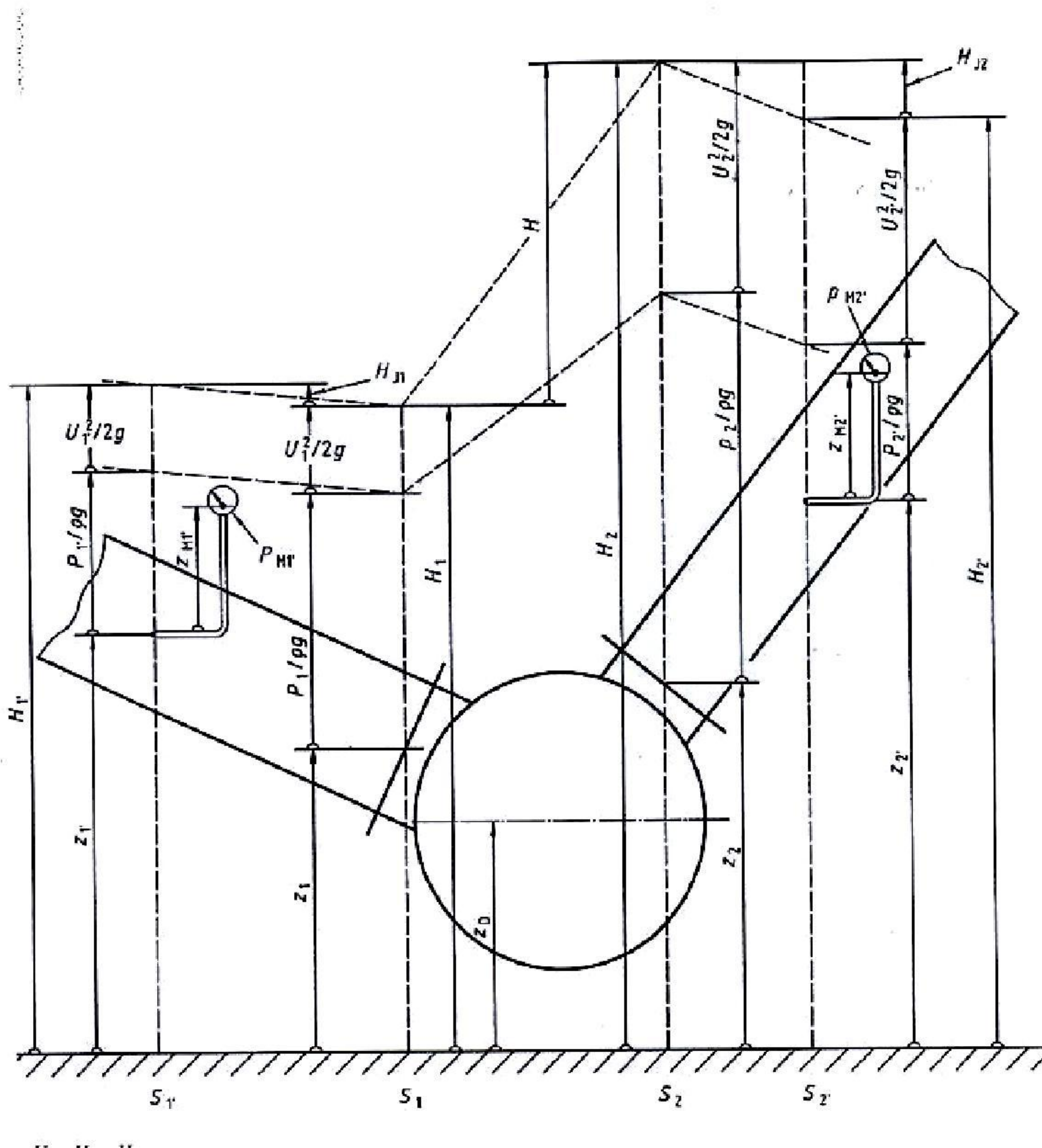
- d adalah diameter lubang
 r adalah jari-jari, $r \leq d/10$
 l adalah panjang lubang tekanan

Gambar 10 – Lubang tap tekanan

Bila tidak mungkin memasang pipa lurus dengan panjang 4x (empat kali) diameter pipa lurus tersebut yang dapat sesuai dengan ukuran pompa, atau dalam hal ini terdapat keterbatasan alat ukur, dan apabila cara pengukuran dengan metoda ini tetap diperlukan, maka penempatan alat-alat tersebut pada flens hisap dan tekan dapat dilaksanakan atas persetujuan.

- 2). Bila tekanan tidak melebihi tekanan atmosfer, pembacaan alat ukur dilakukan sesudah membuang semua air dengan memasukkan udara ke dalam pipa sambung yang terletak diantara alat pengukur dan tempat tap.

6.3.1.3 Cara hitung tinggi statis



Gambar 11 – Penentuan tinggi total pompa

Perhitungan tinggi statis pompa mengikuti ketentuan sebagai berikut:

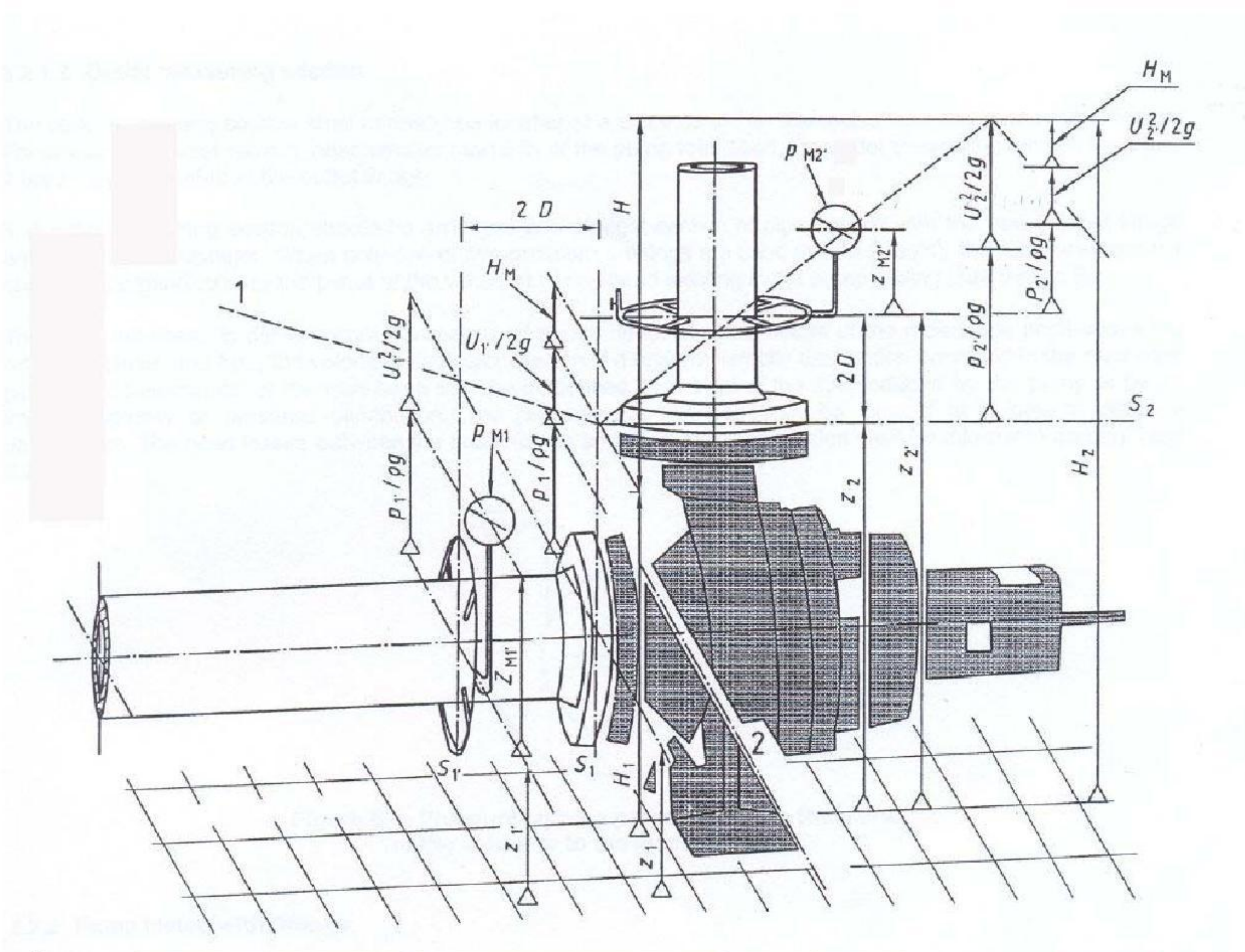
$$H = H_2 - H_1$$

$$H = z_2 - z_1 + \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + \frac{U_2^2 - U_1^2}{2g}$$

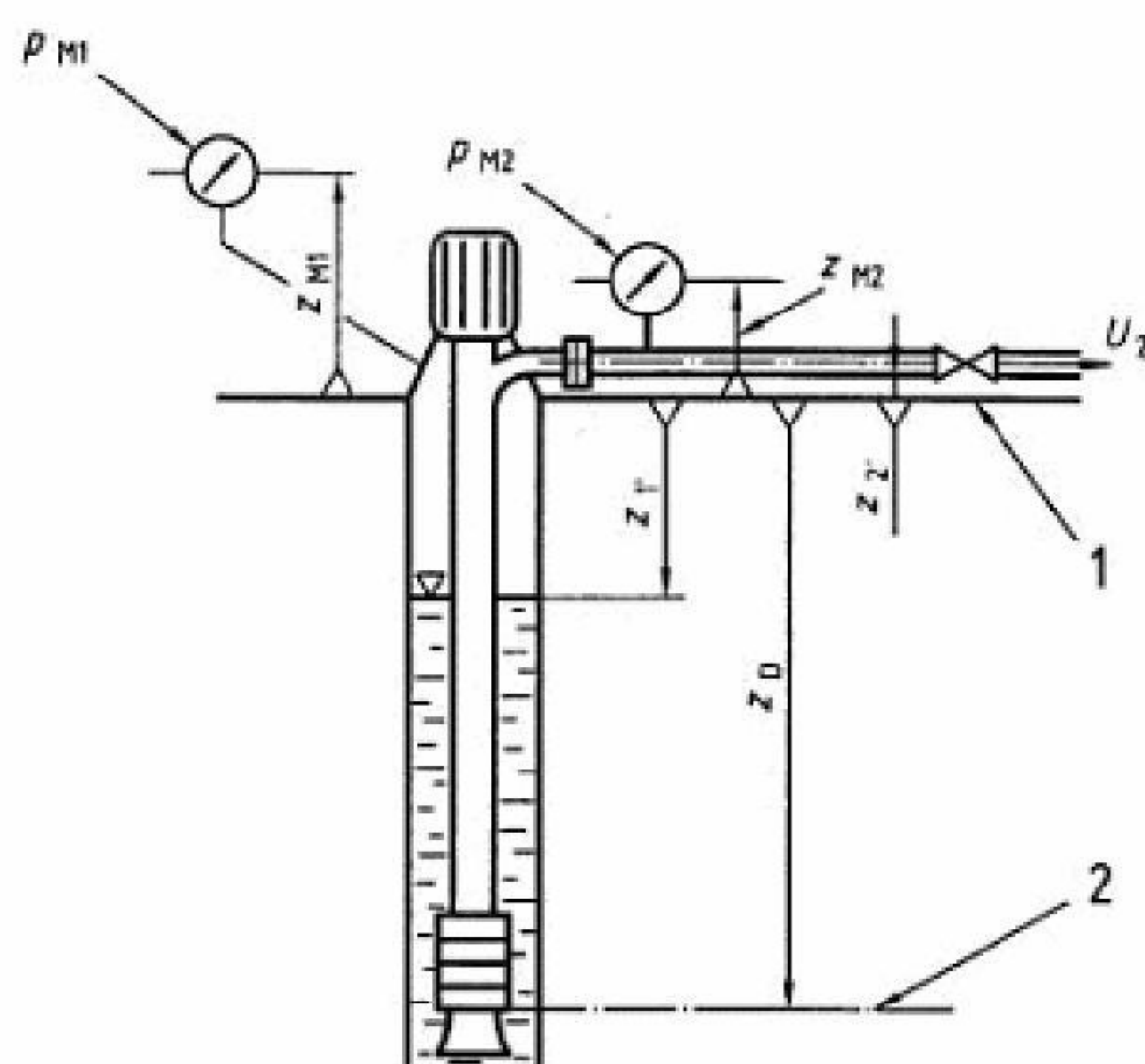
$$H = z_{2'} - z_{1'} + z_{M2'} - z_{M1'} + \frac{p_{M2'} - p_{M1'}}{\rho g} + \frac{U_{2'}^2 - U_{1'}^2}{2g} + H_{J2} + H_{J1}$$

keterangan:

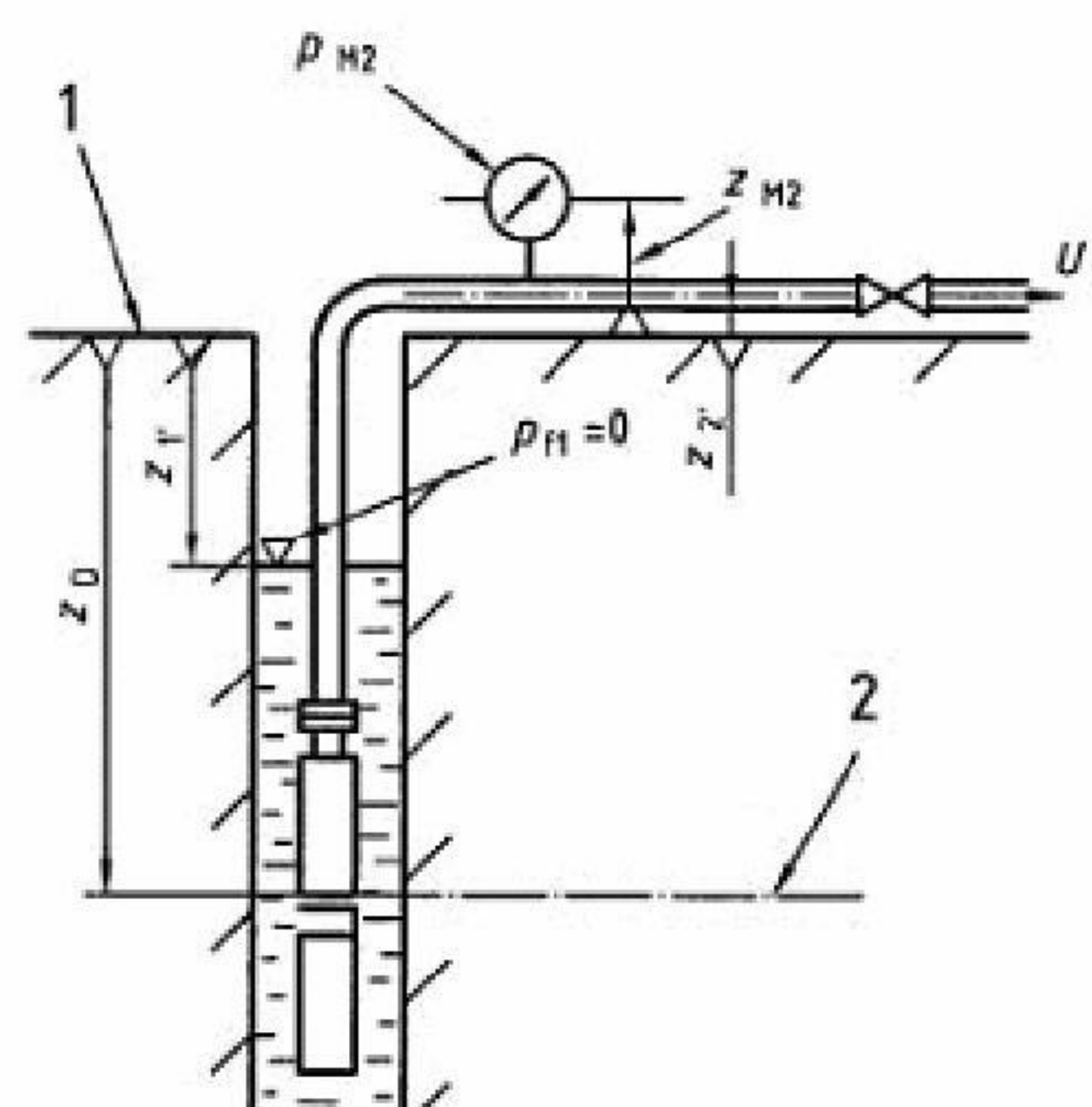
H	adalah tinggi total pompa (m)
H_1	adalah tinggi total pompa sisi hisap (m)
H_2	adalah tinggi total pompa sisi tekan (m)
z_1	adalah tinggi hisap diukur dari bidang referensi (m)
z_2	adalah tinggi tekan diukur dari bidang referensi (m)
p_1	adalah tekanan sisi hisap (Pa)
p_2	adalah tekanan sisi tekan (Pa)
ρ	adalah massa jenis cairan (kg/m ³)
g	adalah percepatan gravitasi = 9,81 (m/detik ²)
U_1	adalah kecepatan rata-rata fluida yang mengalir yang melalui lubang tap sisi hisap (m/detik)
U_2	adalah kecepatan rata-rata fluida yang mengalir yang melalui lubang tap sisi tekan (m/detik)
$z_{M1'}$	adalah tinggi dari tap tekanan ke titik tengah manometer hisap (m)
$z_{M2'}$	adalah tinggi dari tap tekanan ke titik tengah manometer tekan (m)
$p_{M1'}$	adalah tekanan hisap pada pembacaan manometer (Pa)
$p_{M2'}$	adalah tekanan tekan pada pembacaan manometer (Pa)
H_{J1}	adalah rugi ketinggian hisap
H_{J2}	adalah rugi ketinggian tekan



Gambar 12 – Ilustrasi isometris penentuan tinggi total pompa



(a) motor penggerak tidak tercelup



(b) motor penggerak tercelup

Keterangan:

1. Bidang referensi
2. bidang referensi NPSH

$$H_1 = z_{1'} + \frac{p_{M1}}{\rho g} + \frac{\rho_{f1}}{\rho} (z_{M1} - z_{1'})$$

$$H_2 = z_{2'} + \frac{p_{M2}}{\rho g} + \frac{\rho_{f2}}{\rho} (z_{M2} - z_{2'}) + \frac{U_2^2}{2g}$$

$$H = z_{2'} - z_{1'} + \frac{p_{M2} - p_{M1}}{\rho g} + \frac{\rho_{f2}(z_{M2} - z_{2'}) - \rho_{f1}(z_{M1} - z_{1'})}{\rho} + \frac{U_2^2}{2g}$$

Keterangan:

1. Bidang referensi
2. Bidang referensi NPSH

$$H_1 = z_{1'}$$

$$H_2 = z_{2'} + \frac{p_{M2'}}{\rho g} + \frac{\rho_{f2}}{\rho} (z_{M2} - z_{2'}) + \frac{U_2^2}{2g}$$

$$H = z_{2'} - z_{1'} + \frac{p_{M2'}}{\rho g} + \frac{\rho_{f2}}{\rho} (z_{M2} - z_{2'}) + \frac{U_2^2}{2g}$$

Gambar 13 – Pengukuran tinggi total pompa (H) tipe pompa celup (submersible)

Rugi ketinggian dihitung menurut persamaan sebagai berikut:

$$H_J = \lambda \frac{l}{D} \frac{U^2}{2g}$$

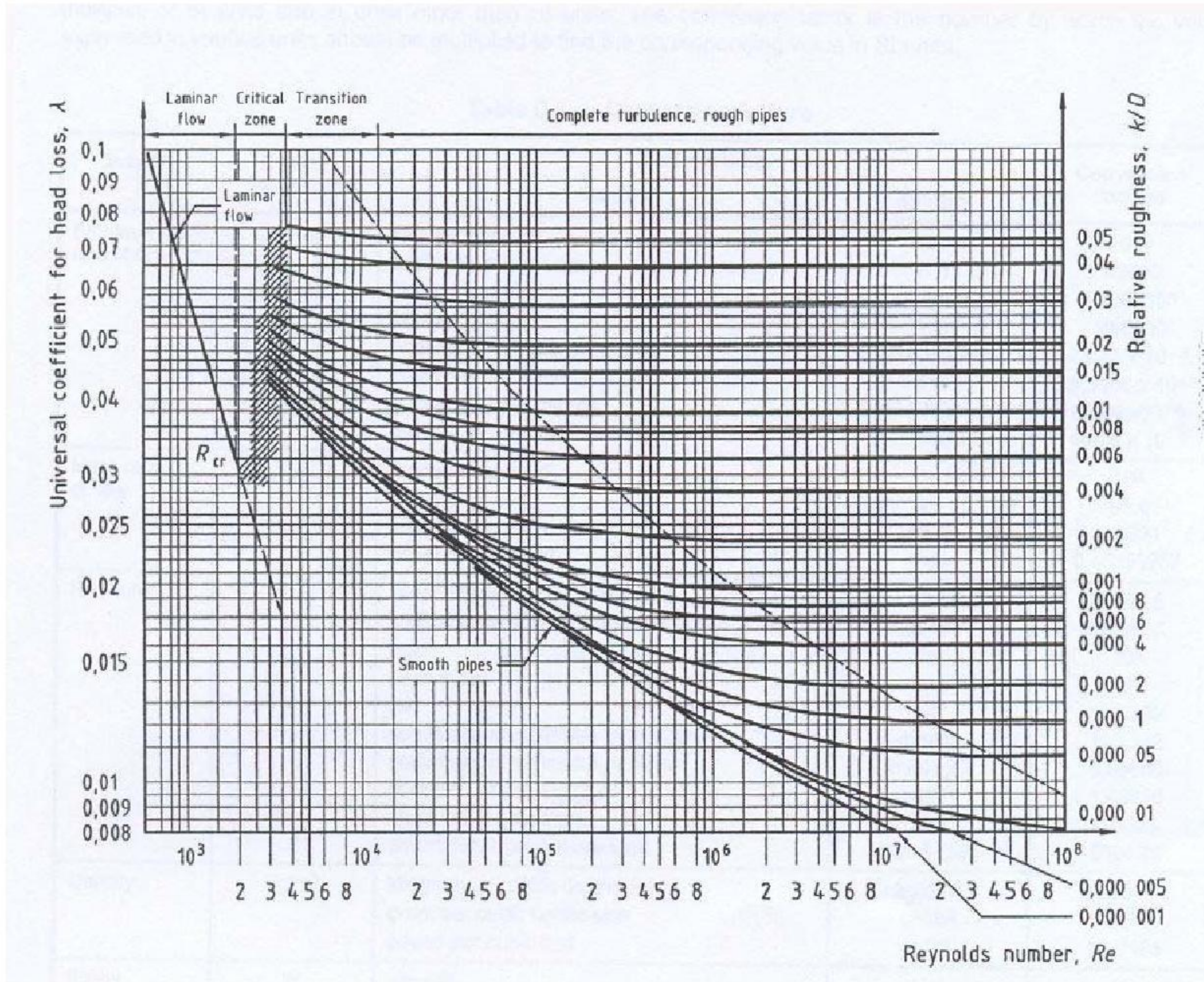
Keterangan:

- H_J adalah rugi ketinggian yang disebabkan oleh gesekan (m)
 λ adalah faktor gesekan (lihat Gambar 14)
 l adalah panjang pipa yang diuji dari tempat tap tekanan sampai flensa pompa (m)
 D adalah diameter dari pipa instalasinya
 U adalah laju aliran rata-rata dalam pipa (m/detik)
 g adalah percepatan gravitasi = 9,81 (m/detik²)

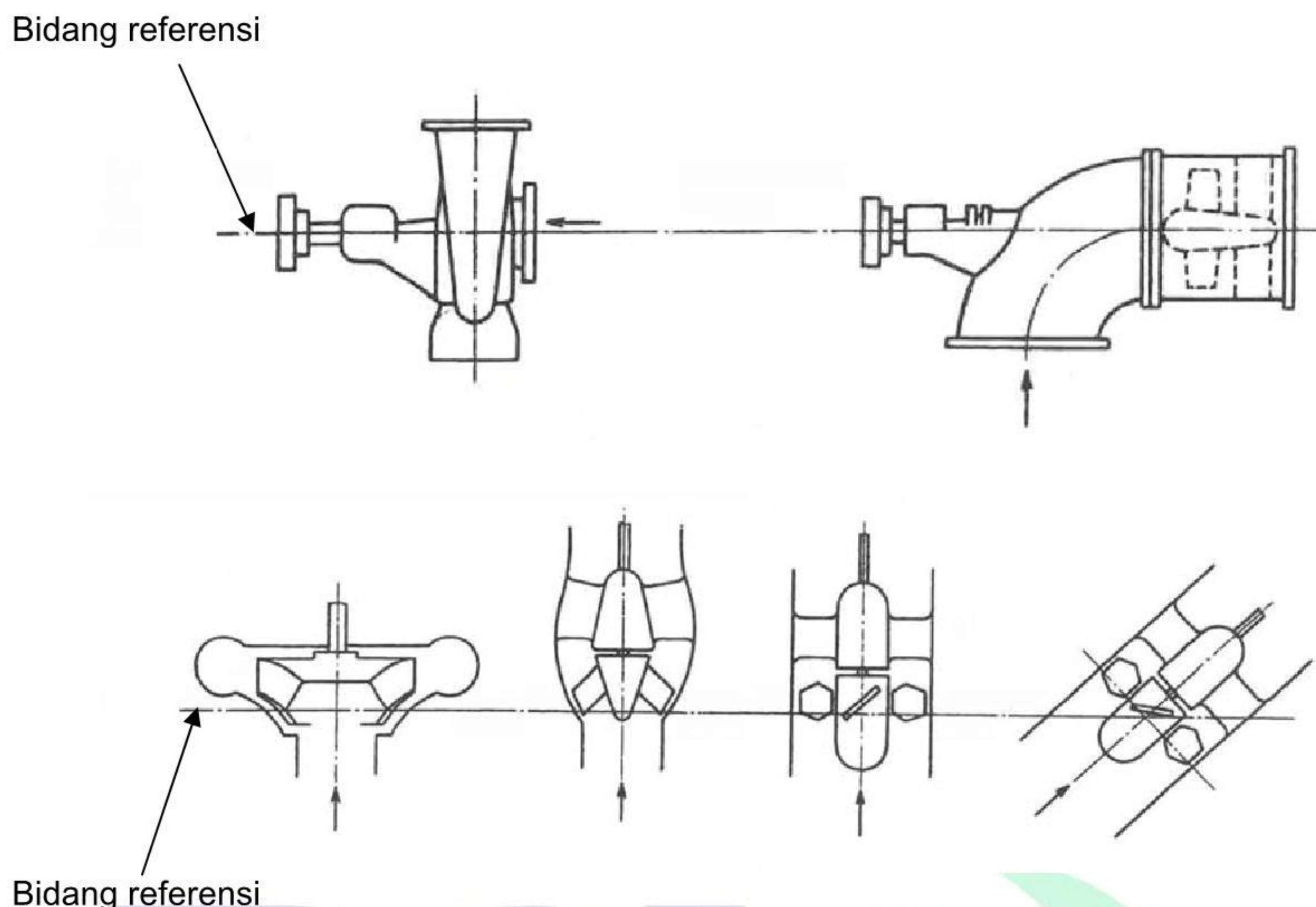
$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log_{10} \left[\frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3.7D} \right]$$

Keterangan:

- Re adalah angka Reynolds
 k adalah tingkat kekasaran pipa
 D adalah diameter dalam pipa (m)
 ν adalah viskositas kinematik ($m^2/detik$)



Gambar 14 - Diagram *Moody*



Gambar 15 - Bidang referensi

6.3.2 Pengukuran debit

Yang dimaksud pengukuran debit adalah pengukuran volume bersih dari fluida per satuan waktu yang melewati flens tekan. Bila pada pengukuran terdapat sejumlah fluida yang digunakan untuk kegunaan lain, dan fluida tersebut berasal dari saluran hisap yang sama dengan fluida yang diukur, maka volume fluida tersebut dapat diperhitungkan sebagai debit atau pula tidak, hal ini bergantung pada persetujuan.

6.3.3 Pengukuran laju putaran

Laju putaran diukur dengan menghitung jumlah putaran dalam interval waktu, dengan menggunakan *tachometer*, *dinamo tachometer* atau *alternator*, pencacah optik atau magnet, atau *stroboscope*.

Apabila laju putaran diukur tanpa menggunakan *tachometer*, maka laju putaran didapatkan dari pengamatan dari data frekuensi jaringan dan motor slip atau diukur secara langsung (misalnya dengan menggunakan koil induksi). Laju putaran, n (rpm) diberikan dengan rumus berikut:

$$n = \frac{2}{i} \left(f - \frac{j}{\Delta t} \right)$$

Keterangan:

- i adalah jumlah kutub motor
- f adalah frekuensi jaringan yang terukur (hertz)
- j adalah jumlah bayangan yang terhitung selama interval waktu Δt dengan menggunakan *stroboscope* yang disinkronisasi dengan jaringan
- Δt adalah perubahan waktu (detik)

Jika laju putaran tidak dapat diukur langsung (misalnya pompa *submersible*), maka harus mengecek frekuensi dan tegangan jaringan.

6.3.4 Pengukuran daya pompa

6.3.4.1 Umum

Daya masukan pompa ditentukan dari pengukuran laju putaran dan torsi, atau dari pengukuran daya masukan listrik terhadap efisiensi motor listrik, yang secara langsung dikopel dengan pompa. Jika daya masukan motor dikopel dengan roda gigi, sehingga laju putaran dan torsi diukur dengan torsi meter antara roda gigi dan motor.

6.3.4.2 Momen torsi

Momen torsi diukur dengan menggunakan dinamometer atau torsi meter, dengan toleransi sebesar $\pm 3\%$.

6.3.4.3 Daya masukan listrik

Jika daya masukan listrik ke motor listrik yang dikopel langsung dengan pompa, digunakan untuk menentukan daya masukan pompa, maka efisiensi motor harus cukup akurat yang dinyatakan oleh pabrik pembuat motor.

Daya masukan listrik ke motor bolak-balik (a.c.) diukur dengan metode 2 fase-*wattmeter* atau 3 fase-*wattmeter*. Ini memungkinkan menggunakan wattmeter fase tunggal, atau wattmeter yang mengukur dua atau tiga fase secara serempak, atau integrasi *watt-hour meter*.

Dalam hal untuk motor searah (d.c.) menggunakan *wattmeter* atau *amperemeter* dan *voltmeter*.

6.3.5 Efisiensi

Pada putaran dan tinggi total pompa tertentu, efisiensi dapat ditentukan menurut persamaan (21), dan nilai yang diijinkan adalah sesuai dengan Tabel 6.

$$\eta = \frac{P_w}{P} \times 100 \%$$

keterangan:

η adalah efisiensi pompa (%)

P adalah daya poros (kW)

P_w adalah daya air, yang dirumuskan seperti dalam persamaan dibawah ini:

$$P_w = \frac{1}{60 \times 10^3} \rho g Q H$$

keterangan:

Q adalah debit (m^3/menit)

H adalah tinggi total pompa (m)

ρ adalah massa jenis yang dipindahkan (kg/m^3)

g adalah percepatan gravitasi = $9,81 \text{ (m/detik}^2\text{)}$

6.3.6 Tinggi hisap positif bersih (NPSH)

Jika ada persetujuan khusus antara pembuat atau pemasok dengan pembeli, maka dapat dilakukan pengujian tinggi hisap positif bersih. Tinggi hisap positif bersih diuji pada debit yang disesuaikan dengan tinggi total pompa yang telah ditentukan. Pengamatan harus dilakukan pada saat terjadi penurunan tinggi total pompa dan adanya suara berisik yang asing sebagai indikasi adanya kavitas.

6.3.6.1 NPSH yang diperlukan (NPSHR)

Pabrikan pompa menetapkan tinggi tekanan hisap pompa yang besarnya sama dengan penurunan tekanan pada lubang hisap untuk mencapai kinerja yang baik pada debit, putaran, dan zat cair yang ditetapkan (tidak ada indikasi terjadinya kavitas, peningkatan kebisingan dan getaran karena kavitas, dan penurunan tinggi tekanan). Besarnya NPSH yang diperlukan berbeda untuk setiap pompa. Untuk suatu pompa tertentu, NPSH yang diperlukan berubah menurut kapasitas dan putarannya.

Dalam pengujian NPSH yang diturunkan sedikit demi sedikit sampai tinggi total turun 3% pada kapasitas konstan. Nilai yang diperoleh pada saat itu dihitung sebagai *NPSHR* pada debit itu. Agar pompa bekerja tanpa mengalami kavitas, maka harus dipenuhi persyaratan: $NPSHA > NPSHR$

Untuk penaksiran secara kasar, *NPSHR* dapat dihitung dari konstanta kavitas σ seperti uraian di bawah ini. Nilai Thoma dapat diperoleh melalui grafik yang disajikan di dalam Lampiran D.

Jika tinggi total pompa pada titik efisiensi maksimum dinyatakan sebagai H_N , dan *NPSHR* untuk titik ini $NPSHR_N$, maka σ didefinisikan sebagai

$$NPSHR_N = \sigma \times H_N$$

keterangan:

$NPSHR_N$ adalah *NPSHR* pada titik efisiensi maksimum

σ adalah koefisien kavitas Thoma

H_N adalah tinggi total pompa pada titik efisiensi maksimum

Putaran spesifik, n_s pada titik efisiensi maksimum dirumuskan sebagai berikut:

$$n_s = n \frac{Q_N^{1/2}}{H_N^{3/4}}$$

Keterangan:

n = laju putaran (1/ menit)

Q_N = debit pada titik efisiensi maksimum (m³/menit)

H_N = tinggi total pada titik efisiensi maksimum (m)

6.3.6.2 NPSH yang tersedia (NPSHA)

NPSH yang tersedia (NPSHA) dirumuskan sebagai berikut:

$$NPSHA = \frac{p_a}{\rho g} - \frac{p_v}{\rho g} - z_1 - H_J$$

Keterangan:

$NPSHA$	adalah NPSH yang tersedia (m)
p_a	adalah tekanan atmosfer (Pa)
p_v	adalah tekanan uap jenuh dari fluida yang digunakan (Pa)
ρ	adalah massa jenis yang dipindahkan (kg/m^3)
g	adalah percepatan gravitasi = $9,81 \text{ (m/detik}^2\text{)}$
z_1	adalah tinggi hisap diukur terhadap bidang referensi pompa (m)
H_J	adalah rugi ketinggian zat cair karena gesekan sepanjang pipa (m)

6.3.7 Konversi bila terdapat perbedaan putaran dan massa jenis

Pada waktu pompa diuji, diperoleh hasil pengukuran pompa yang tidak sesuai dengan nilai yang ditentukan, hasil pengukuran tersebut dapat dirubah menjadi nilai yang ditentukan tersebut melalui beberapa persamaan berikut:

$$Q_T = Q \left(\frac{n_{sp}}{n} \right)$$

$$H_T = H \left(\frac{n_{sp}}{n} \right)^2$$

$$P_T = P \left(\frac{n_{sp}}{n} \right)^3 \times \frac{\rho_{sp}}{\rho}$$

$$\eta_T = \eta$$

$$(NPSHR)_T = (NPSHR) \left(\frac{n_{sp}}{n} \right)^2$$

Keterangan:

Q , H , dan P berturut-turut adalah debit (m^3/detik), tinggi total (m), dan daya pompa (W) pada putaran uji pompa

Q_T , H_T , dan P_T berturut-turut adalah debit (m^3/detik), tinggi total (m), dan daya pompa (W) pada putaran uji pompa yang ditentukan

n adalah laju putaran uji pompa (rpm)

n_{sp} adalah laju putaran uji pompa yang ditentukan (rpm)

ρ adalah massa jenis fluida uji (kg/m^3)

ρ_{sp} adalah massa jenis fluida uji yang ditentukan (kg/m^3)

$(NPSHR)$ adalah NPSH yang diperlukan (m)

$(NPSHR)_T$ adalah NPSH yang diperlukan (m) pada putaran uji pompa yang ditentukan

Bila pompa digerakkan oleh motor listrik, maka slip pada motor sangat bergantung pada besarnya beban, dalam hal ini konversi putaran pada beban bersangkutan terhadap debit merupakan pendekatan dari perkalian jumlah uji putaran pada beban tertentu dengan jumlah uji putaran pada debit tertentu.

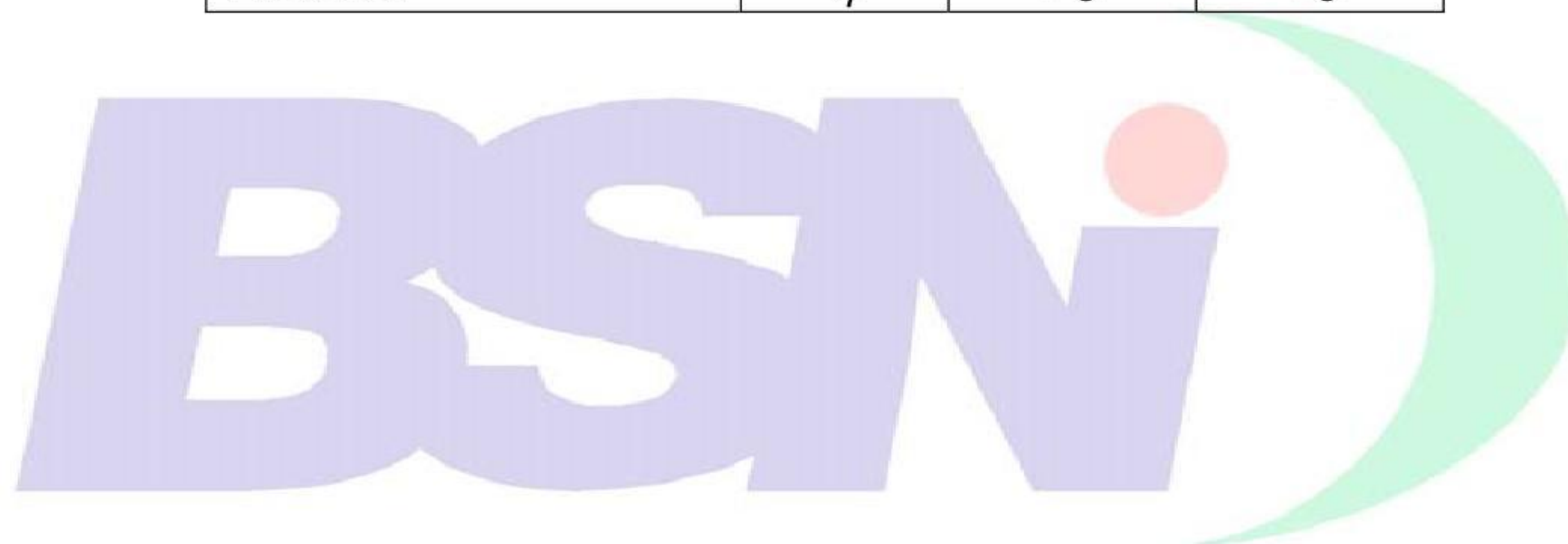
6.4 Persyaratan unjuk kerja

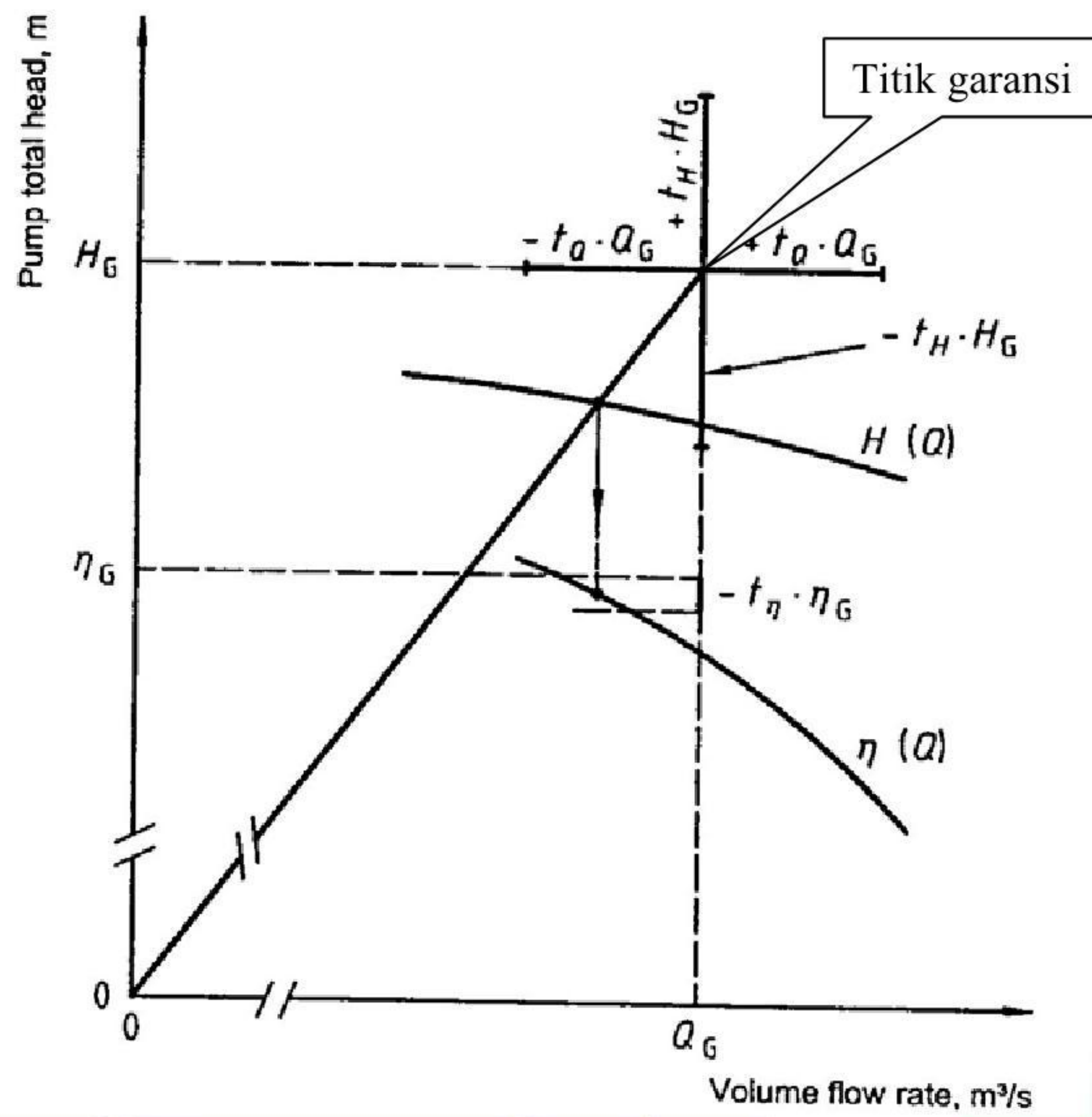
6.4.1 Pengujian unjuk kerja pompa dengan titik garansi

Pengujian unjuk kerja pompa lulus uji dengan titik garansi (lihat Gambar 16) yang sudah ditentukan desain pabrik pompa harus memenuhi persyaratan toleransi yang tercantum dalam Tabel 6.

Tabel 6 - Toleransi lulus uji

Besaran	Simbol	Kelas 1 %	Kelas 2 %
Debit	Q	$\pm 4,5$	± 8
Tinggi total	H	± 3	± 5
Efisiensi	η	- 3	-5



**Keterangan:**

- H = Tinggi total (m)
- Q = Debit (m³/detik)
- H_G = Tinggi total pada titik garansi (m)
- Q_G = Debit pada titik garansi (m³/detik)
- t_Q = toleransi kapasitas (%)
- t_H = toleransi tinggi total (%)
- t_η = toleransi efisiensi (%)
- η_G = titik garansi efisiensi (%)

Gambar 16 - Verifikasi titik garansi kapasitas, tinggi total dan efisiensi

7 Penandaan

7.1 Tiap pompa harus ditandai dengan arah putaran poros yang tidak dapat hilang.

7.2 Dipasang pelat nama minimal berisi:

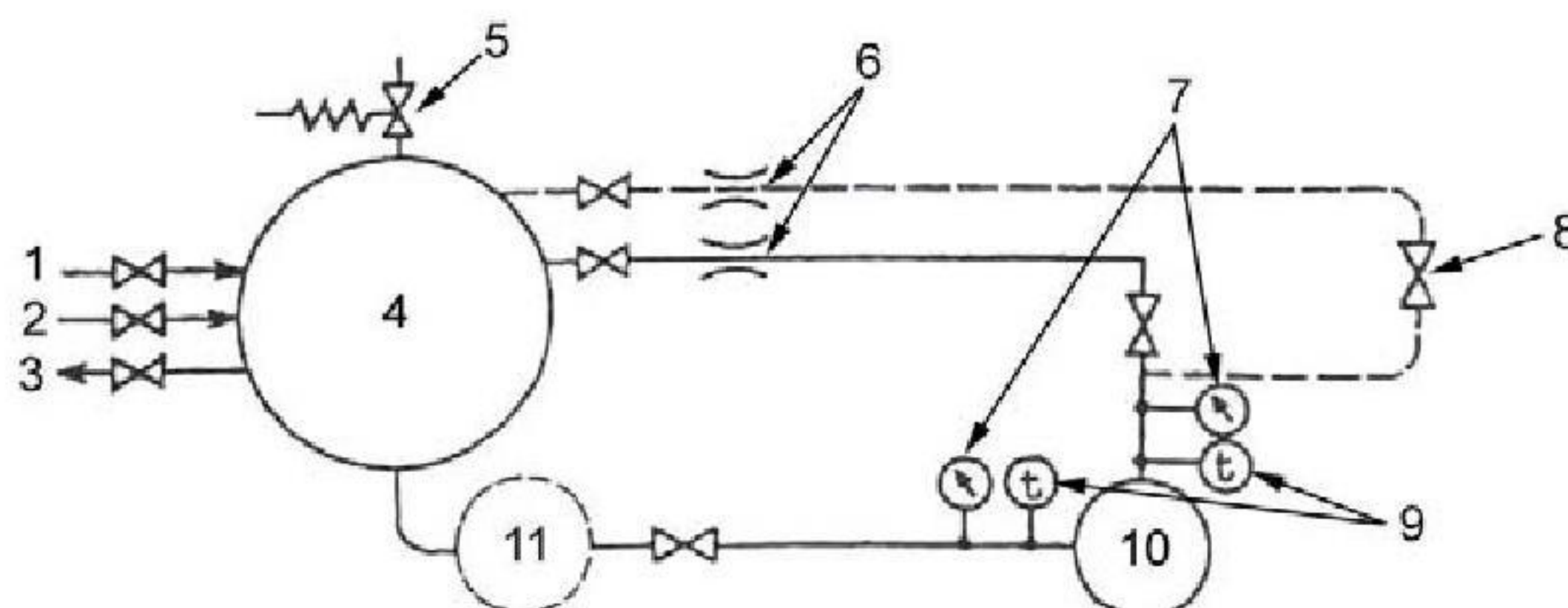
- nomor seri/nomor produk;
- tipe;
- debit pompa;
- tinggi total pompa (*total head*);
- putaran pompa per satuan.

Lampiran A (informatif)

Metode pengujian

Lampiran ini menunjukkan beberapa contoh diagram pengujian unjuk kerja pompa sebagai informasi, dan bukan merupakan bagian dari standar ini.

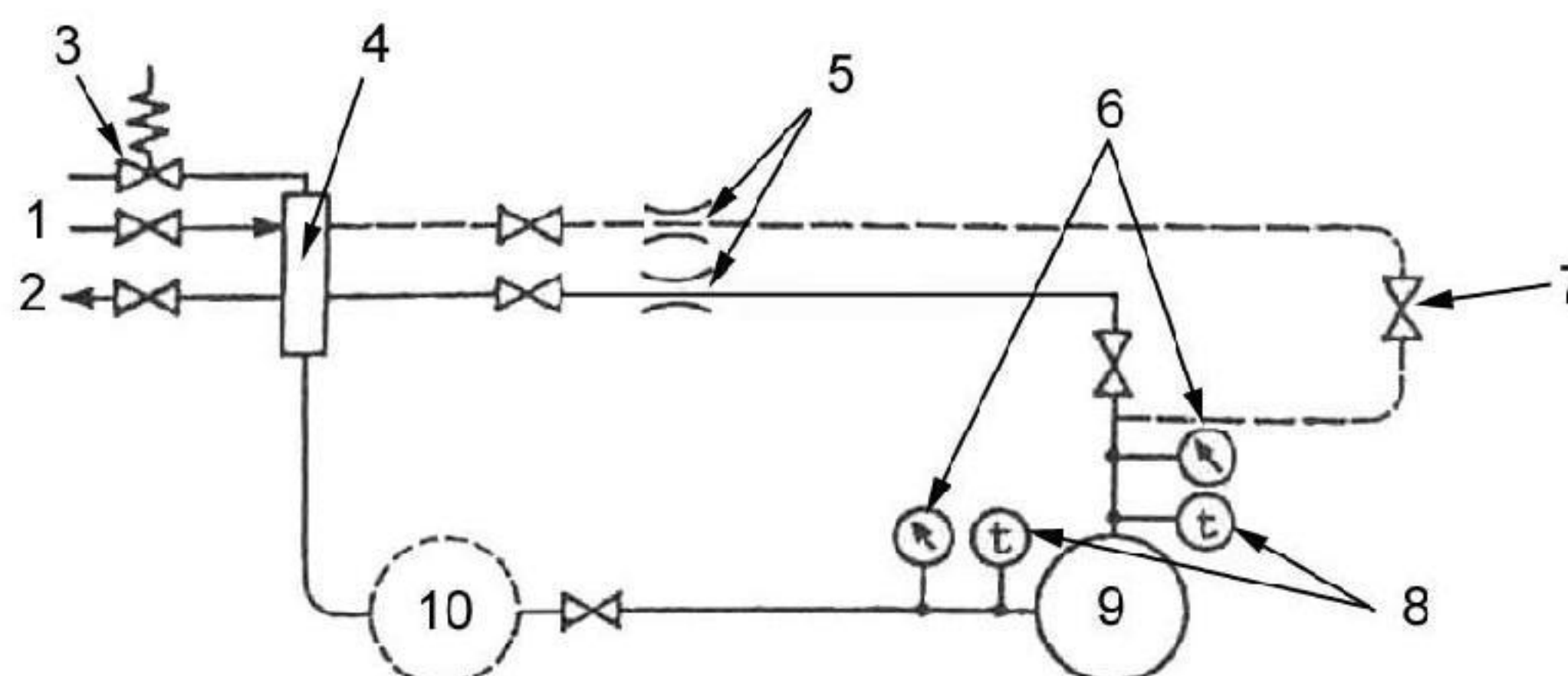
1. Metode uji untuk pompa ketel uap



Keterangan:

- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| 1. Sumber panas | 7. Alat ukur tekanan |
| 2. Suntikan air | 8. Alat pencegah kelebihan panas |
| 3. Drainase | 9. Termometer |
| 4. Tangki terbuka atau tertutup | 10. Pompa uji |
| 5. Katup pengaman | 11. Pompa umpan |
| 6. Mekanisme penekikan | |

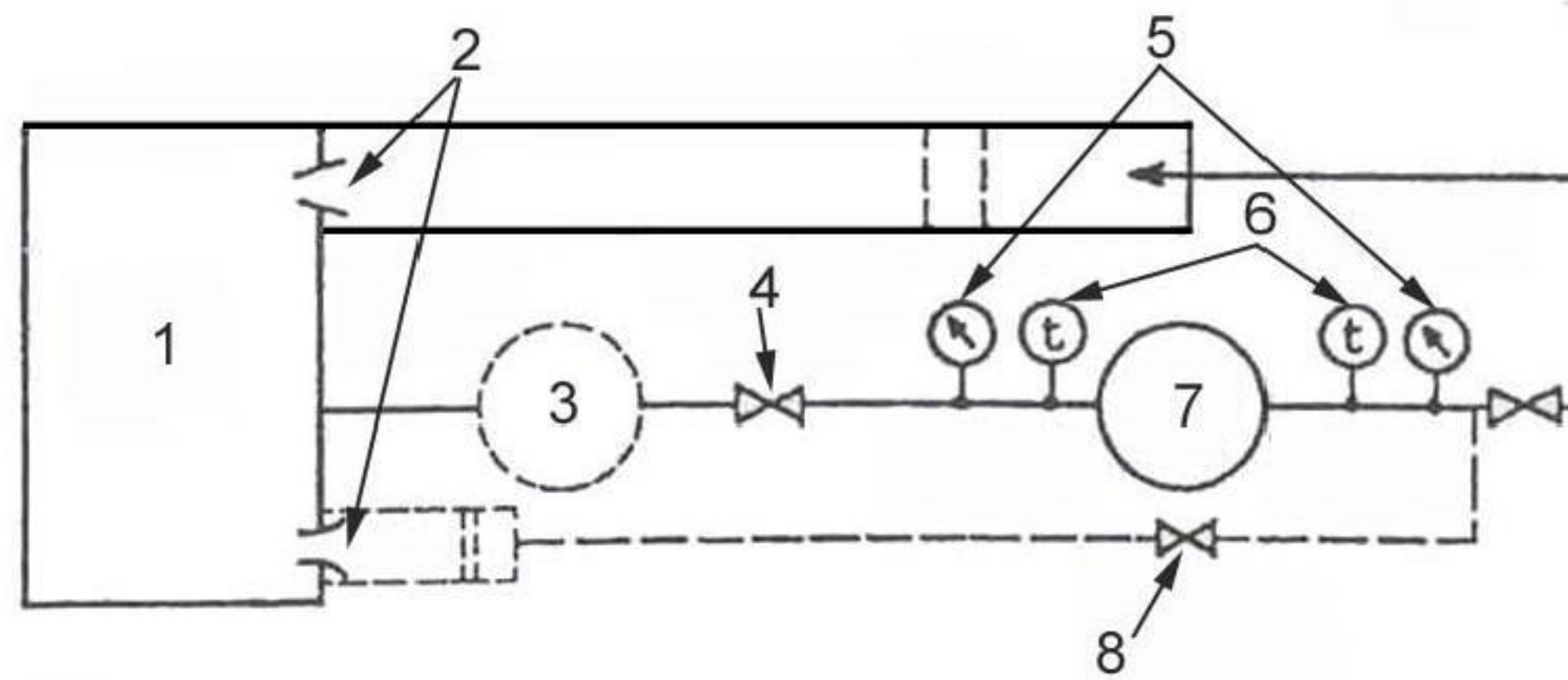
Gambar A1.a. Metode uji menggunakan tangki air



Keterangan:

- | | |
|------------------------|----------------------------------|
| 1. Suntikan air | 6. Alat ukur tekanan |
| 2. Drainase | 7. Alat pencegah kelebihan panas |
| 3. Katup pengaman | 8. Termometer |
| 4. Pipa pengumpul | 9. Pompa uji |
| 5. Mekanisme penekikan | |

Gambar A1.b. Metode uji menggunakan rangkaian tertutup

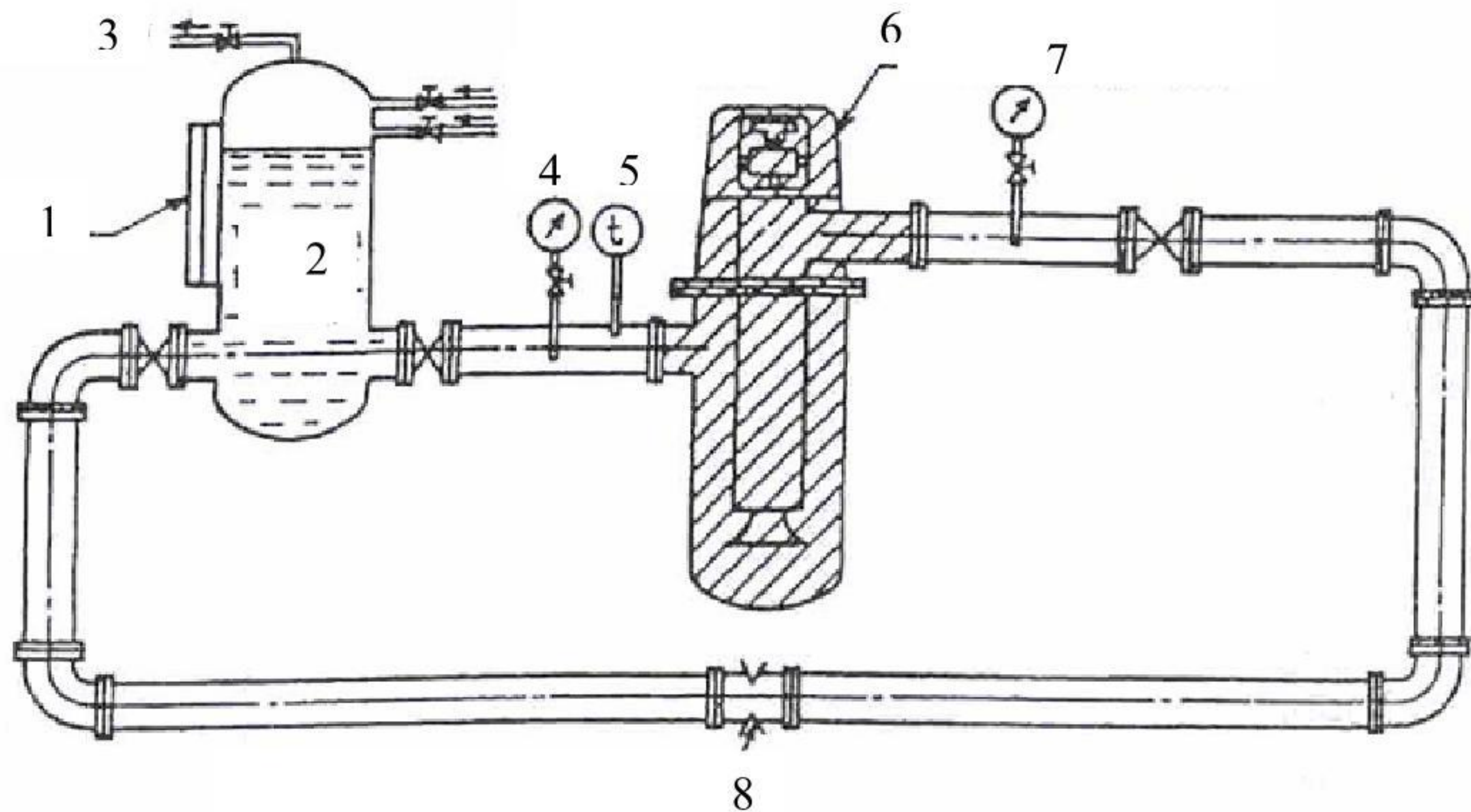


Keterangan:

- | | |
|--------------------------|----------------------------------|
| 1. Tangki air | 5. Alat ukur tekanan |
| 2. Sekat ukur | 6. Termometer |
| 3. Pompa umpan | 7. Pompa uji |
| 4. Katup pengatur aliran | 8. Alat pencegah kelebihan panas |

Gambar A1.c. Metode uji menggunakan sekat ukur

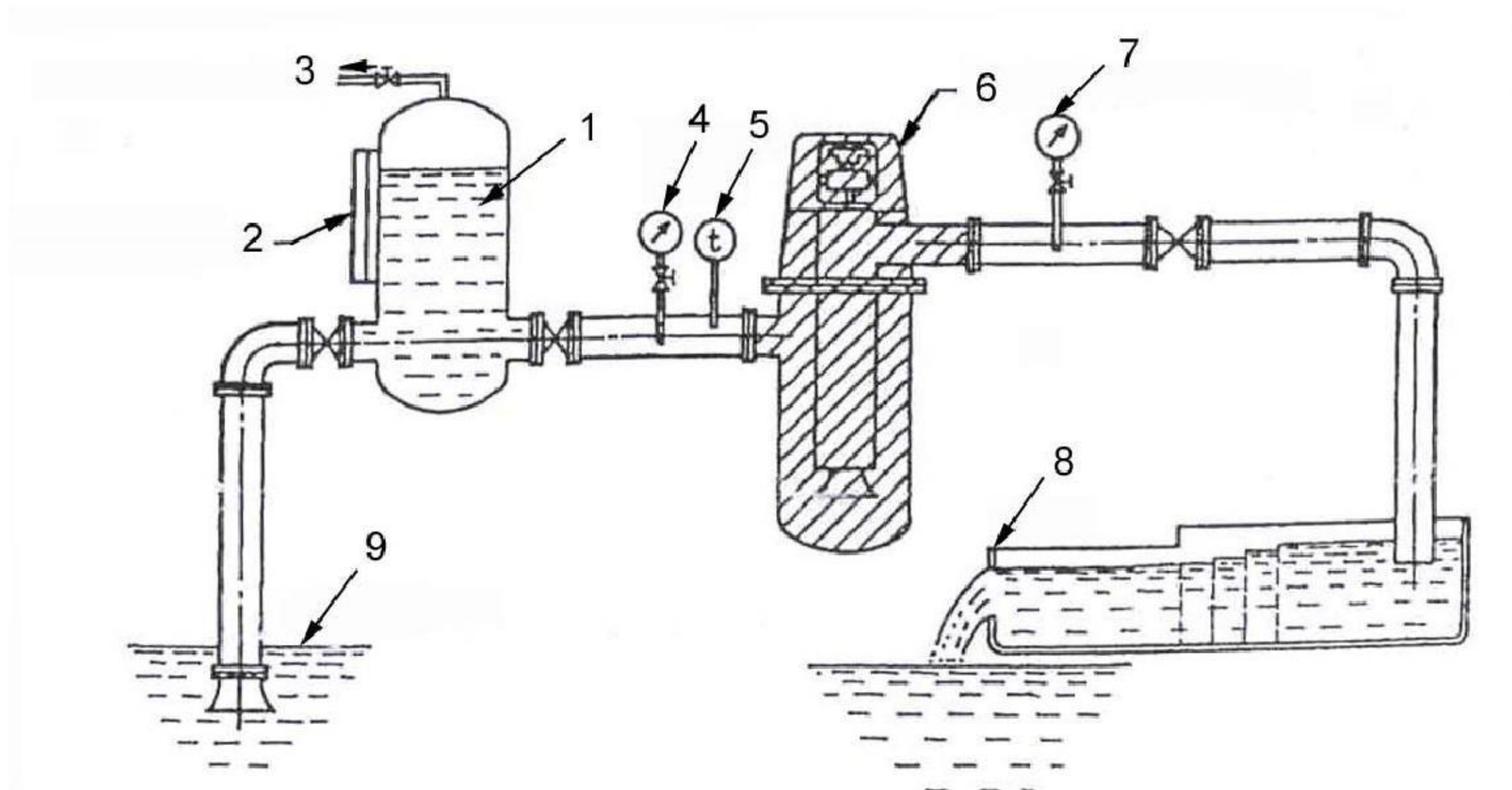
2. Metode uji untuk pompa kondensat



Keterangan:

- | |
|---------------------------------|
| 1. Indikator level air |
| 2. Tangki hampa |
| 3. Ke pompa hampa |
| 4. Alat ukur tekanan sisi hisap |
| 5. Termometer |
| 6. Pompa uji |
| 7. Alat ukur tekanan sisi tekan |
| 8. Mekanisme pengecilan |

Gambar A2.a - Metode uji untuk pompa menggunakan mekanisme pengecilan



Keterangan:

1. Tangki hampa
2. Indikator level air
3. Ke pompa hampa
4. Alat ukur tekanan sisi hisap
5. Termometer
6. Pompa uji
7. Alat ukur tekanan sisi tekan
8. Sekat ukur
9. Permukaan air

Gambar A2.b – Metode uji untuk pompa menggunakan sekat ukur

Lampiran B
(informatif)

Periode kalibrasi alat pengujian

Informasi yang diberikan dalam tabel di bawah ini, sebagian mengacu pada “*Hydraulic Institute Test Standard, 1998, Centrifugal Pumps 1-6*” diberikan sebagai informasi saja.

Tabel B1 - Periode waktu yang sesuai antara kalibrasi peralatan pengujian

Peralatan	Periode
Debit	
Tangki penimbangan berat (<i>weighing tank</i>)	1 tahun
Tangki volume (<i>volumetric tank</i>)	10 tahun
<i>Venturi</i>	*)
Nosel	*)
Plat orifis	*)
Turbin	1 tahun
Elektromagnet	1 tahun
Sekat ukur (<i>weir</i>)	*)
Amperemeter (<i>current meter</i>)	2 tahun
Ultrasonik	6 bulan
Tekanan	
<i>Pressure gauge</i> tipe pegas	4 bulan
<i>Dead weight</i>	Tidak dipersyaratkan
<i>Liquid column manometers</i>	Tidak dipersyaratkan
Transduser	4 bulan
Daya	
Dinamometer	6 bulan
Torsimeter batangan (<i>torque bar</i>)	1 tahun
Motor terkalibrasi	Tidak dipersyaratkan
Watt-amp-volt-meter, <i>portable</i>	1 tahun
Watt-amp-volt-meter, permanen	3 tahun
Torsimeter dilengkapi <i>gauge</i>	6 bulan
<i>Intermediate gears</i> hingga 375 kW	10 bulan
<i>Intermediate gears</i> di atas 375 kW	20 bulan
Laju putaran	
<i>Tachometer</i> (umum)	3 tahun
Elektronik	1 tahun
Peralatan tanggap terhadap frekuensi	
Magnetik	10 tahun
Optik	10 tahun
<i>Stroboscope</i>	5 tahun
Torsimeter	1 tahun
CATATAN *)Tidak diperlukan kecuali ada indikasi sebagai perubahan dimensi yang kritikal.	

Lampiran C (informatif)

Contoh formulir pengujian pompa

Lembaran pengujian pompa yang digambarkan dalam lampiran ini untuk panduan penyajian hasil pengujian pompa dan untuk membantu pengertiannya. Ini tidak berarti mencakup semua informasi yang dibutuhkan dari pengujian pompa dan penyesuaian bisa diperlukan tergantung tipe pompa, aplikasinya, dan cara perhitungannya.

Tabel C1 – Lembar uji pompa

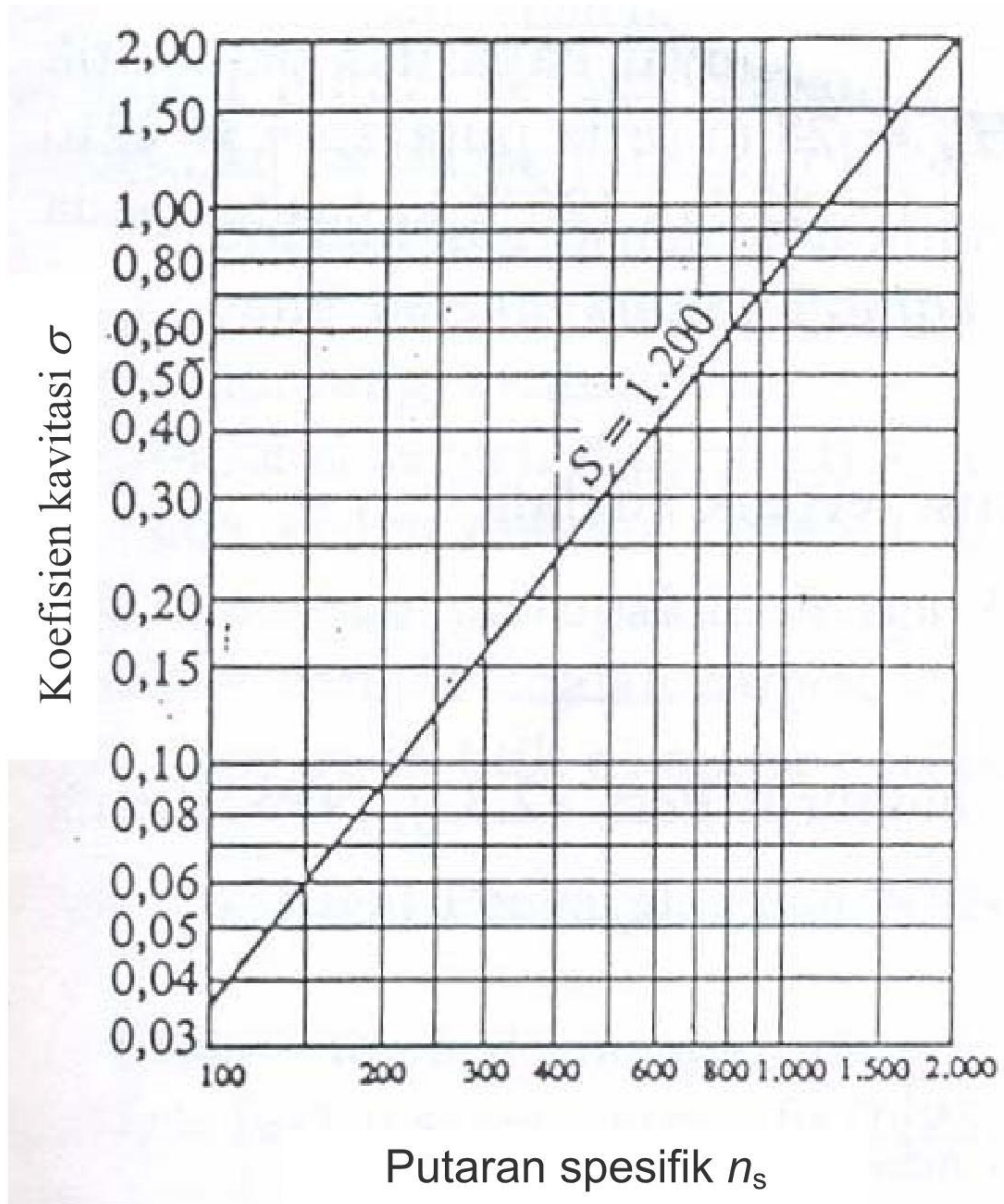
Lembar uji pompa			Jumlah lembar uji			Data uji							
Pembeli													
	Tipe		Nomor order pabrik			Nomor order		Diameter hisap					
Pompa								Diameter tekan					
								Diameter impeler					
Nilai garansi	Debit (Q_G)		Laju putaran (n_{sp})			Daya masukan (P_G)							
	Tinggi total (H_G)		Efisiensi (η_G)			Tinggi tekanan hisap bersih (NPSH)							
Pompa cair	Suhu (t)		Uap tekan (p_v)			Viskositas kinematik (ν)							
	Densitas (ρ)					Derajat keasaman (pH)							
Motor	Pabrikan		Sertifikat uji			Jumlah fase				Voltage			
	Tipe		Daya			Laju putaran				Current			
		Debit	Tinggi hisap	Tinggi tekan	NPSH	Torsi	daya	Laju putaran	Roda gigi				
Metode pengukuran	Cara yg digunakan												
	Constant												
Kondisi uji	Suhu ruang	Tekanan barometer	Tinggi koreksi bidang referensi						Hisap				
	Suhu air								Tekan				
Hasil pengukuran		Satuan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	Laju putaran												
	Interval waktu												
Debit	Pembacaan												
	Pengukuran debit												
	Pembacaan tinggi tekan												
	Pembacaan tinggi hisap												
	Tinggi tekan												
	Tinggi hisap												

Tabel C1 – (Lanjutan)

Lembar uji pompa		Jumlah lembar uji				Data uji							
Head	$\Delta U^2/2g$												
	Perbedaan posisi pengukuran												
	Tinggi total												
	$U_1^2/2g$												
	(NPSH)												
	Daya output pompa P_u												
	Voltase												
	Amper												
	Pembacaan wattmeter 1												
	Pembacaan wattmeter 2												
	Pembacaan wattmeter total												
Power (torque)	Daya masukan motor												
	Efisiensi motor												
	Pembacaan torsi												
	Efisiensi roda gigi												
	Daya output motor												
	Daya masukan motor												
	Efisiensi keseluruhan												
	Efisiensi pompa												
Harga referensi terhadap	Volume jumlah aliran												
Laju ditetapkan yg	Tinggi total												
Putaran	Daya												
	NPSH												
Catatan		Tgl	Pimpinan uji				Perwakilan						
							Pembeli		Penyuplai				

Lampiran D
(informatif)

Koefisien Kavitasi Thoma (σ)



Gambar D. Grafik hubungan antara σ terhadap n_s

Lampiran
(informatif)

Tabel Acuan normatif (materi)

No halaman	Judul/sub judul	Uraian	Standar acuan	Halaman standar acuan
1	3. Istilah dan definisi	Belum ada definisi titik garansi	ISO 9906:1999	3 s/d 6
6	4. simbol	Tabel 1	ISO 9906:1999	7
7	4. Klasifikasi	Kelas 1 dan kelas 2	ISO 9906:1999	1
8	6.1 Spesifikasi fluida cair	Tabel 3 dan Tabel 4	ISO 9906:1999	16
8	6.1.2	Tabel 5 – Efisiensi pemindahan daya...	SNI 05-0141-1987	5
8	6.2.1	Instalasi uji	JIS 8301:2000	67
8	6.2.2	Persyaratan pengujian	JIS 8301:2000	5
14	6.3.1.2	Syarat dan letak tap tekanan	JIS 8301:2000	8 & 9
16	6.3.1.3	Cara hitung tinggi statis	ISO 9906:1999	26 s/d 29
21	6.3.3	Pengukuran laju putaran	ISO 9906:1999	14
22	6.3.4	Pengukuran daya pompa	ISO 9906:1999	35
22	6.3.4	Efisiensi	JIS 8301:2000	25
23	6.3.5	Tinggi hisap posirif bersih (NPSH)	Teknik dasar pompa, Prof. Dr. Sularso	23
24	6.3.7	Konversi bila terjadi perbedaan putaran dan berat jenis	ISO 9906:1999	17
25	6.4	Persyaratan unjuk kerja dan Tabel 7 – Toleransi lulus uji	ISO 9906:1999	20 dan 21
26	7	Penandaan	SNI 0140.2: 2007	26
27	Lampiran A	Metode pengujian	JIS 8301:2000	68 dan 69
30	Lampiran B	Periode kalibrasi alat pengujian	ISO 9906:1999	49
31	Lampiran C	Contoh formulir pengujian pompa	ISO 9906:1999	59
33	Lampiran D	Diagram Thoma	Teknik dasar pompa, Prof. Dr. Sularso	24

Tabel Acuan normatif (Gambar)

No halaman	No gambar	Uraian	Standar acuan	Halaman standar acuan
1	Gambar 1	Bidang referensi NPSH	ISO 9906:1999	5
4	Gambar 2	Bagian aliran fluida dalam pompa	SNI 05-0141-1987	15
9	Gambar 3	Diagram pengujian dengan pressure tapping hisap horisontal	JIS 8301: 2000	67
9	Gambar 4	Diagram pengujian dengan pressure tapping hisap vertikal	JIS 8301: 2000	67
10	Gambar 5	Diagram pengujian tangki hampa	JIS 8301: 2000	6
12	Gambar 6	Pompa dengan katup penghambat dan tangki hampa	JIS 8301: 1990	6
12	Gambar 7	Instalasi uji dengan pompa umpan dan dengan tangki hampa	JIS 8301: 1990	6
14	Gambar 8	Tempat tap tekanan	JIS 8301: 1990	9
15	Gambar 9	Lubang tap tekanan kelas 1 dan kelas 2	ISO 9906:1999	31
15	Gambar 10	Lubang tap tekanan dinding tebal ($l \geq 2,5 d$) dan dinding tipis ($l \leq 2,5 d$)	ISO 9906:1999	31
16	Gambar 11	Penentuan tinggi total pompa	ISO 9906:1999	26
17	Gambar 12	Ilustrasi isometric penentuan tinggi total pompa	ISO 9906:1999	27
18	Gambar 13	Pengukuran tinggi total (H)...pompa celup dengan motor penggerak tidak tercelup dan tercelup	ISO 9906:1999	29
20	Gambar 14	Diagram Moody	ISO 9906:1999	48
21	Gambar 15	Bidang referensi	JIS 8301: 1990	13
26	Gambar 16	Verifikasi titik garansi	ISO 9906:1999	48

Tabel Acuan normatif (Rumus)

No halaman	Pasal /sub pasal	Standar acuan	Halaman standar acuan
11	6.2.2.3	ISO 9906:1999	5
11	6.2.2.4	ISO 9906:1999	15
16		ISO 9906:1999	26
18		ISO 9906:1999	29
19		ISO 9906:1999	30
19		ISO 9906:1999	34
22	6.5.3 Efisiensi	JIS 8301: 1990	25
23	6.3.6.1	Teknik dasar pompa, Prof.Dr. Sularso	23
23	6.3.6.1	JIS 8301: 1990	7
24	6.3.7.1	ISO 9906:1999	17
25	6.3.7.2	JIS 8301: 1990	23



Bibliografi

SNI 0140.2: 2007, *Cara pengukuran debit air*

ISO 1438-1:1980/Amd.1:1998, *Water flow measurement in open channels using weirs and ventury flumes – Part 1: Thin-plate weirs.*

ISO 8316:1987, *Measurement of liquid flow in closed conduits – Method by collection of the liquid in volumetric tank.*

ISO 9104:1991, *Measurement of fluid flow in close conduits – Methods of evaluating the performance of electromagnetic flow meters for liquid.*

JIS B8301:2000, *Rotodynamic pumps - Hydraulic performance acceptance tests- Grade 1 and 2.*

JIS B8301 - 1990, *Testing methods for centrifugal pumps, mixed flow pump.*

Pompa & Kompresor, Ir. Sularso, MsME, Prof. Dr. Haruo Tahara, Cetakan keenam, tahun 1996.













BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3-4
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : bsn@bsn.go.id